

Strålsäkerhetsåtgärder i samband med datortomografi

En litteraturöversikt.

FÖRFATTARE	Karin Strömberg Sofia Svensson Frida Uttrin
PROGRAM/KURS	Röntgensjuksköterskeprogrammet 15 högskolepoäng RA2070 Examensarbete i radiografi VT 2013
OMFATTNING	15 högskolepoäng
HANDLEDARE	Eva Bergelin
EXAMINATOR	Karin Ahlberg

Institutionen för Vårdvetenskap och hälsa

Sahlgrenska akademien



FÖRORD

Vi vill tacka vår handledare Eva Bergelin för god handledning och värdefulla synpunkter under examensarbetets gång.

Karin Strömberg, Sofia Svensson och Frida Uttrin
Göteborgs universitet 2013-03-25

Titel (svensk):	Strålsäkerhetsåtgärder i samband med datortomografi. En litteraturöversikt
Titel (engelsk):	Radiation safety measures related to computed tomography. A literature review
Arbetets art:	Självständigt arbete
Program/kurs/kurskod/	Röntgensjuksköterskeprogrammet, Examensarbete i radiografi, 15 högskolepoäng
Kursbeteckning:	RA2070
Arbetets omfattning:	15 Högskolepoäng
Sidantal:	26 sidor
Författare:	Karin Strömberg, Sofia Svensson, Frida Uttrin
Handledare:	Eva Bergelin
Examinator:	Karin Ahlberg

SAMMANFATTNING

Bakgrund: Datortomografiundersökningar har under de senaste åren ökat markant över hela världen då det är en snabb och lättillgänglig metod. Undersökningen ger detaljrik information om patientens anatomi men innebär också relativt hög stråldos. Vid datortomografiundersökningar exponeras patienten för joniserande strålning vilket utgör en risk för strålningsinducerad cancer. **Syfte:** Att belysa strålsäkerhetsåtgärder som kan vidtas för att minimera stråldosen till patienten i samband med datortomografiundersökning. **Metod:** Examensrapporten har genomförts som en litteraturöversikt där 18 vetenskapliga artiklar med kvantitativ ansats analyserades för att svara på rapportens syfte. **Resultat:** I resultatet framkom det åtta olika stråldosreducerande åtgärder. Exponeringsautomatik är i dagsläget ett av det viktigaste och vanligaste verktyget när det kommer till stråldosreduktion inom datortomografi. På äldre datortomografiapparater där fast rörströmsteknik används behöver justeringar av exponeringsparametrar göras. Exponeringsparametrar kan även på olika sätt anpassas efter patientens storlek. Rätt centrerung i gantrys isocenter har stor betydelse vid alla datortomografiundersökningar, både vad det gäller bildkvalitet och reducerad stråldos. Andra åtgärder för att reducera stråldosen till patienten i samband datortomografiundersökning är att minimera antalet onödiga undersökningar, samt att endast undersöka det absolut nödvändigaste. Strålskydd är andra enkla och kostnadseffektiva åtgärder för att minimera stråldosen till patienten. **Konklusion:** I samband med datortomografiundersökning ska stråldosen alltid eftersträvas att hållas så låg som möjligt i enlighet med ALARA-principen. Effekten av joniserande strålning måste beaktas och en ökad medvetenhet om hur stråldoserna ska minimeras kan leda till att den kollektiva stråldosen reduceras.

Nyckelord: CT, stråldos, reduktion, strålskydd

INNEHÅLL	Sid
INLEDNING	1
BAKGRUND	1
DATORTOMOGRAFI	1
JONISERANDE STRÅLNING	2
STRÅLSKADOR	2
STRÅLDOSER	3
PATIENTSTRÅLSKYDD	4
RIKTLINJER OCH FÖRFATTNINGAR	5
Internationella strålskyddskommissionen	5
Strålsäkerhetsmyndigheten	5
Strålskyddslagen	5
Patientsäkerhetslagen	5
Kvalitetsutveckling och säker vård	6
RÖNTGENSJUKSKÖTERS KANS PROFESSION	6
Yrkesetisk kod för röntgensjuksköterskor	6
Kompetensbeskrivning för legitimerad röntgensjuksköterska	6
INFORMATION OCH OMVÅRDNAD VID DATORTOMOGRAFI	6
OMVÅRDNADSBEGREPP RELATERADE TILL DATORTOMOGRAFI	7
Patientsäkerhet	7
Kommunikation	7
Trygghet	8
Etik	8
PROBLEMFÖRMULERING	8
SYFTE	8
METOD	9
VALD METOD	9
LITTERATURSÖKNING	9
INKLUSION OCH EXKLUSION	9
KVALITETSGRANSKNING OCH DATAANALYS	9
SIGNIFIKANS	10
ETISKA ASPEKTER	10
RESULTAT	10
MASKINTEKNISKA ÅTGÄRDER	10
Rörström, rörspänning och pitch inverkan på stråldosen	10
Exponeringsautomatik	11
Begränsat undersökningsområde	12
Centrering i isocenter	13
PATIENTRELATERADE ÅTGÄRDER	14
Anpassa parametrar efter patientens storlek	14
Undvika onödiga datortomografiundersökningar	14

STRÅLSKYDD	15
Vismutskydd	15
Gonadskydd	16
DISKUSSION	17
METODDISKUSSION	17
RESULTATDISKUSSION	18
Maskintekniska åtgärder	18
Patientrelaterade åtgärder	20
Strålskydd	20
Omvårdnadsåtgärder	21
KONKLUSION	22
REFERENSER	23
BILAGOR	
1 SÖKHISTORIK	
2 GRANSKNINGSPROTOKOLL ENLIGT FRIBERG	
3 GRANSKNINGSPROTOKOLL ENLIGT WILLIAM OCH STOLTZ	
4 ANALYSERAD LITTERATUR	

INLEDNING

Datortomografi introducerades under 1970-talet och är en undersökningsmetod som har fått allt större betydelse och användning inom radiologin. Sedan 1990-talet har antalet datortomografiundersökningar mer än fyrdubblats i Sverige. Metoden ger detaljerad information om patienten men innebär också relativt hög stråldos. Vid en datortomografiundersökning kan stråldosen vara så mycket som 100 gånger högre än vid konventionell röntgen av samma organ. När kroppen utsätts för höga stråldoser kan organ utsättas för skadliga effekter, såsom cancersjukdom.

Under vår verksamhetsförlagda utbildning och i massmedia har stråldoser vid datortomografiundersökningar varit mycket omdiskuterat. Vi tycker därför att det är ett högaktuellt ämne att fördjupa oss i då det är vi som röntgensjuksköterskor som ansvarar för patientens säkerhet. I röntgensjuksköterskans yrkesprofession ingår bland annat att minimera stråldosen till patienten och samtidigt bevara en god diagnostisk bildkvalitet. I denna litteraturoversikt har vi valt att belysa strålsäkerhetsåtgärder som kan vidtas för att minimera stråldosen till patienten i samband med datortomografiundersökning.

BAKGRUND

DATORTOMOGRAFI

Computed tomography (CT) är det engelska ordet för datortomografi och introducerades under 1970-talet i sjukvården, vilket bidrog till att diagnostiken inom radiologin utvecklades [1, 2]. Datortomografi är en avancerad teknik och snabb undersökningsmetod, där en mängd olika sjukdomstillstånd kan diagnostiseras. Datortomografi är en skiktröntgen baserad på röntgenstrålning där patientens kropp avbildas med tvärsnittsbilder. Tekniken har hög noggrannhet och bilderna stor detaljrikedom [1].

Vid datortomografiundersökning placeras patienten på undersökningsbritten i apparatens runda öppning (gantryt), där röntgenrör och detektorer finns [1]. Röntgenröret avger vid exponering joniserande strålning samtidigt som det roterar 360° runt patienten [1, 2]. När röntgenrör och detektorer på motsatt sida roterar förflyttas patienten kontinuerligt genom strålfältet i gantryt, denna teknik kallas spiral-CT [1, 3, 4]. Senaste tekniken inom datortomografi är multidetektor-CT med flera detektorrader 4, 8, 16, 32, 40 eller 64 [1, 2, 3]. Antalet detektorrader bestämmer antalet tvärsnitt som kan avbildas per rotation [3]. Flera detektorrader leder till kortare undersökningstid och andhållningstid för patienten [1, 2], vilket i sin tur minimerar stråldosen till patienten jämfört med en snittbild per rotation [3]. Multidetektorer möjliggör en snabb avsökning av stora anatomiska områden [1, 2]. Ett bländarsystem begränsar röntgenstrålningen till tunna skikt. Röntgenstrålningen passerar igenom patienten och träffar detektorerna, vilka vardera mäter attenueringen (dämpningen) av strålningen. Informationen från detektorerna i varje känd position sammanställs i en dator och skapar tvärsnittsbilder av det aktuella området [1].

Attenueringsvärde mäts i Hounsfield-enheter (HU). Värdet varierar med vävnadstyp och vävnadsdensitet (täthet). Skillnader i densitet uttrycks i gråskalor, från svart (luft) till vitt (tät benvävnad). Datortomografi bygger på att olika vävnadstyper har olika förmåga att släppa igenom röntgenstrålning, dvs. olika attenueringskoefficienter [1, 2].

Röntgenstrålningens mängd och energi påverkas av rörström (mA), rörspänning (kV) och exponeringstid. Röntgenstrålningens genomträngningsförmåga påverkas av energiinnehållet, dvs. rörspänningen. Ju högre rörspänning (kV) desto högre energi och genomträngningsförmåga [1]. Strålmängden påverkas av rörström (mA) och exponeringstid (s), dvs. mAs. Exponeringen beror på storlek av rörspänning (kV) och rörström multiplicerat med tid (mAs). En teknik som automatiskt mäter och därefter avbryter strålningen när detektorn fått tillräcklig stråldos är exponeringsautomatik [1, 4]. Exponeringsautomatiken kontrollerar att stråldosen inte blir för hög. Röntgenutrustningen får information om lämplig stråldosinställning genom översiktscouten (scout) av det aktuella området [1]. Scoutbilden är den bild som tas först och används av röntgensjuksköterskan för att välja vilket område som skall undersökas [2].

JONISERANDE STRÅLNING

Röntgenstrålning skapas i röntgenröret. Röntgenröret innehåller en negativt laddad glödtråd (katod) och en positivt laddad roterande metallplatta (anod). Glödtråden upphettas med hjälp av elektrisk ström, vilket resulterar i att negativa elektroner frigörs. När strålning önskas appliceras en hög positiv elektrisk spänning på anoden vilket gör att de negativt laddade elektronerna accelereras mot anoden och därmed erhålls hög rörelseenergi. När elektronerna träffar anodens ytskikt med hög hastighet omvandlas rörelseenergin till värme (99 %) och röntgenstrålning (1 %). Anodens rotation är viktig för att fördela värmeenergin över en större yta och underlätta kylningen av metallplattan [1, 3, 4].

Röntgenstrålning är en energitransport av elektroner med snabb vågrörelse och kort våglängd [1, 3], den har även hög energi och kan tränga igenom kroppens vävnader. Röntgenstrålarna byter riktning när de träffar hårdare strukturer, t.ex. skelett, och ger en sekundär strålning (spridd strålning) till omkringliggande organ. Primär strålning går rakt igenom kroppen [1]. Röntgenstrålning med hög energi har förmåga att frigöra elektroner hos atomer i kroppen och därmed bilda positivt laddade joner. Denna process kallas jonisation [1, 3, 4].

STRÅLSKADOR

Då levande vävnad utsätts för joniserande strålning kan två typer av skador uppkomma, stokastiska (slumpmässiga) eller deterministiska (förutsägbara). De stokastiska effekterna uppträder relativt lång tid efter patienten har blivit bestrålad. En stokastisk effekt är slumpmässig, dvs. man kan endast uttala sig om sannolikheten för att en effekt ska uppkomma. De skador som stokastiska effekter orsakar är främst cancer och ärftliga förändringar, vilket är ett resultat av att den joniserande strålningen orsakar mutationer (förändringar) i cellens arvs massa. I de flesta fall kan cellen själv reparera skadan eller gå i nekros, och det blir då ingen bestående skada. Ibland överlever cellen dock med ett förändrat utseende och utvecklas så småningom till en cancer cell. Om skadan skett i en

könszell finns det risk att den uppträder först i senare generationer. Risk för utvecklande av cancer är dos- och åldersberoende och beräknas vid låga stråldoser vara 3-4 procent per Sievert (Sv) för vuxna och 10-20 procent per Sv för barn. Tiden mellan bestrålning och utvecklandet av cancer beror på typen av cancer och varierar från omkring 5-20 år [1, 3].

De deterministiska skadorna uppkommer vid höga stråldoser och effekterna uppträder ofta kort tid (timmar eller dagar) efter bestrålningen. Dessa effekter beror på mer eller mindre omfattande celledöd och kan ge sig till känna i form av t.ex. illamående, hudrodnad och skador på blodbildande organ. Kännetecknen för deterministiska effekter är att de har en väl definierad tröskeldos, dvs. det krävs att stråldosen överstiger ett visst värde för att skadan ska uppstå. Om stråldosen överskrider tröskeldosen förvärras skadan med den ökande stråldosen. För att drabbas av deterministiska strålskador krävs väldigt höga stråldoser. Patienter som genomgår röntgenundersökningar eller personal i strålningsarbete utsätts normalt inte för dessa dosnivåer [3, 4].

De mest utsatta organen för deterministiska skador är främst de blodbildande organen, magtarmkanalen och huden. Dessa organ har snabb celledelning, vilket gör att de är mer strålkänsliga. För att undvika deterministiska skador har tröskelvärden införts. Bestämda tröskelvärden syftar till att minimera riskerna för deterministiska effekter, se tabell 1. Tröskelvärdena gäller endast om bestrålningen skett som en engångsdos under en kort tid. Enheten för tröskelvärde anges i Gray (Gy) och definieras som mängden absorberad strålningsenergi per massenhet i en viss punkt i kroppen [3, 4].

Tabell 1. Ungefärliga tröskelvärden för några deterministiska stråleffekter [3].

Organ	Stråldos Gy	Effekt
Huden	5-12	Hudrodnad
Benmärg	4	Ingen nybildning av blodkroppar
Magtarmkanal	10	Ingen nybildning av tarmepitel
Ögonlins	2	Katarakt (grumling)
Könskörtlarna	6	Permanent sterilitet

STRÅLDOSER

För uppskattning av strålrisker är det inte endast stråldosen som är intressant utan även storleken på det undersökta området samt vilka organ som ska undersökas [1]. Som mått på stråldoser vid datortomografiundersökningar används därför främst medelstråldosen ($CTDI_{vol}$), dos längd produkten (DLP) och den effektiva dosen till patienten. $CTDI_{vol}$ är ett mått på medelvärdet av stråldosen i det undersökta området, enheten anges i mGy. DLP är ett mått på den totala stråldosen till patienten vid en datortomografiundersökning som tar hänsyn till den bestrålade längden på patienten. Då den bestrålade längden anges i cm blir enheten för DLP mGy \cdot cm. Den effektiva dosen

beskriver risken med bestrålningen då den tar hänsyn till vilka olika organ som bestrålas. Enheten för den effektiva dosen är millisievert (mSv). Om strålriskerna för olika undersökningar ska jämföras är det den effektiva dosen som ska betraktas. När en patient eller läkare frågar om dosen är det också detta dosmått som är intressant då det tar hänsyn till risken för biologisk skada [5]. Det är en stor fördel om datortomografen kan visa CTDI_{vol} och DLP stråldosmått efter undersökningen samt att dessa stråldosdata registreras tillsammans med övriga data från undersökningen. Strålsäkerhetsmyndigheten har angett referensvärden för CTDI_{vol} och DLP vid de vanligaste undersökningarna. Detta ger röntgenavdelningarna en möjlighet att få en uppfattning om hur väl de egna undersökningsprotokollen är optimerade [1].

Tabell 2. Jämförelse mellan effektiva doser vid konventionell röntgen och CT [1].

Procedur	Effektiv dos (mSv)
Konventionell röntgen	
Huvud	0,07
Lungor	0,02
Ländrygg	1,3
Buk	1
Bäcken	0,7
Datortomografi	
Huvud	2
Lungor	8
Buk	10
Bäcken	10

PATIENTSTRÅLSKYDD

För kroppens strålkänsliga organ, såsom ögon, sköldkörtel, bröst och gonader (könskörtlar), krävs ibland speciellt strålskydd om organen ligger i eller i närheten av strålfältet. Det vanligaste och viktigaste strålskyddet är det som skyddar gonaderna, då det skyddar fortplantningsorganen från bestrålning. Skyddet används främst vid konventionell röntgen. För män och kvinnor i fertil ålder bör gonadskydd användas vid de undersökningar då gonaderna hamnar i eller direkt intill strålfältet [1, 2]. Gonadskydd på män bör placeras distalt om symfysis pubis och täcka testiklar och pung. På kvinnor är det svårare att placera ett gonadskydd rätt, då det kan vara svårt att avgöra var äggstockarna sitter, därför används inte detta i lika stor utsträckning. Materialet i gonadskyddet är oftast vinylomfattat bly som absorberar röntgenstrålning [2]. Finns risk för att den diagnostiska informationen försämras i samband med gonadskydd skall det inte användas [1, 2]. För ögon, bröst och sköldkörteln kan stråldosen vid en datortomografiundersökning reduceras med hjälp av att lägga ett vismutskydd över det strålkänsliga området [2]. Vismut är en tung metall som liksom bly absorberar röntgenstrålning [6].

RIKTLINJER OCH FÖRFATTNINGAR

Internationella strålskyddskommissionen

Internationella strålskyddskommissionen är en kommission vars syfte är att minimera riskerna med joniserande strålning. Kommissionen erbjuder rekommendationer och riktlinjer för vad lämpligt strålskydd kan baseras på och har formulerat tre huvudprinciper inom strålskyddsarbete: berättigande, optimering och dosgränser. Berättigandet innebär att det med all joniserande strålning som används ska finnas speciella skäl för att den metoden används. Det vill säga att den medför en nytta som är större än den beräknade skada som strålningen medför. Med optimering menas att strålskydd ska utformas optimalt, att varje bestrålning av personal och allmänhet begränsas så långt det är möjligt med hänsyn till ekonomiska och sociala faktorer. Detta brukar ibland även kallas för ALARA-principen (As Low As Reasonably Achievable) [3, 7] och avser vid medicinskt radiologiskt arbete att användningen av strålning ska vara lägsta möjliga [2]. Med dosgränser anges den maximala stråldosen som en individ får komma upp i under en viss tid. Dosgränserna är framtagna för att förhindra att ingen utsätts för oacceptabel risk på grund av strålning, alltså att dosgränserna inte överskrids [3, 7].

Strålsäkerhetsmyndigheten

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) kallas den myndighet som i Sverige ansvarar för frågor gällande strålskydd och kärnkraftssäkerhet och arbetar för att människor och miljö ska skyddas från oönskad strålning. Hela ansvaret för strålsäkerheten ligger alltid hos den som bedriver verksamhet med strålning. Genom utfärdade föreskrifter kan Strålsäkerhetsmyndigheten ställa krav på att verksamheten bedrivs på ett strålskyddsmässigt sätt. Strålsäkerhetsmyndigheten kontrollerar även att kraven följs och kan om de anser att det finns brister i strålsäkerheten stoppa verksamheten. Det är strålskyddslagen, strålskyddsförordningen och ett antal förordningar utfärdade av Strålskyddsmyndigheten som reglerar användandet av apparater med joniserande strålning [3, 7].

Strålskyddslagen

Strålskyddslagen (1988:220) syftar till att skydda människor, djur och miljö från skadlig strålning, både vad gäller joniserande- och icke joniserande strålning. Enligt strålskyddslagen skall den som bedriver verksamhet med strålning vidta de åtgärder som krävs för att förhindra skada på människor, djur och miljö. Den som bedriver verksamhet med strålning skall även ansvara för att personal som är sysselsatt med joniserande strålning har kunskap om riskerna som kan förekomma, samt ansvara för att strålskyddsåtgärder fungerar. Den anställde skall även använda de skyddsanordningar och vidta de åtgärder som behövs för ett väl fungerande strålskydd [3, 9].

Patientsäkerhetslagen

I patientsäkerhetslagen (2010:659) står det att vårdgivaren ska vidta de åtgärder som behövs för att förhindra att patienter drabbas av vårdskador. Vårdgivaren ska också utreda händelser i verksamheten som kan medföra eller hade kunnat medföra en vårdskada. Det ligger också på vårdgivarens ansvar att verksamheten leds, planeras och

kontrolleras på ett sätt som uppfyller kravet på god vård i hälso- och sjukvårdslagen [10].

Kvalitetsutveckling och säker vård

I Socialstyrelsens föreskrifter om ledningssystem för kvalitet och patientsäkerhet i vården framgår det bland annat att kvaliteten inom hälso- och sjukvård fortlöpande och systematiskt ska utvecklas och säkras. Ledningen av hälso- och sjukvården ska vara organiserad så att den tillgodoser hög patientsäkerhet och kontinuerligt och långsiktigt utvecklar och säkerställer vårdens kvalitet. Inom ramen för verksamhetens ledningssystem ska hälso- och sjukvårdspersonal medverka i det systematiska kvalitetsarbetet genom att bland annat delta i framtagande och uppföljning av metoder och rutiner [11].

RÖNTGENSJUKSKÖTERSANS PROFESSION

Yrkesetisk kod för röntgensjuksköterskor

Den yrkesetiska koden är framtagen utifrån röntgensjuksköterskans kunskapsområde och yrkesansvar med utgångspunkt i vårdmötet. Koden ska i det dagliga arbetet ge stöd åt etiska beslut samt vägleda och stimulera röntgensjuksköterskan i etiska resonemang. Koden beskriver hur röntgensjuksköterskan i vårdmötet ska verka för god omvårdnad och med hjälp av olika strålningsstillämpningar utföra undersökningar för att få optimala bilder till minsta möjliga stråldos och med hög patientsäkerhet. Röntgensjuksköterskan ansvarar för att vid undersökningar och behandlingar minimera stråldosen, svara för utvecklingen av sitt kunskapsområde utifrån erfarenhet och bevis, samt kritiskt kunna granska sin yrkesutövning. Koden beskriver också hur röntgensjuksköterskan tar ansvar för vårdens utveckling och deltar i hälsobefrämjande åtgärder och förebyggande hälsovård [12].

Kompetensbeskrivning för legitimerad röntgensjuksköterska

Kompetensbeskrivningen har utarbetats av representanter från styrelsen för Svensk förening för röntgensjuksköterskor och bidrar till att stärka och tydliggöra röntgensjuksköterskans yrkesroll och specifika kunskaper, samt bidra till en säker och god vård vid radiografiska behandlingar och undersökningar. Radiografins centrala del är planering, genomförande och utvärdering av undersökningar och behandlingar med avseende på bildkvalitet, stråldos och strålsäkerhet, där patientsäkerheten är grundläggande. Röntgensjuksköterskan arbetar självständigt och ansvarar för att undersökningar genomförs med god bilddiagnostik till lägsta möjliga stråldos. Röntgensjuksköterskan ska ha kunskap om vikten av säkerhetsarbete för att minimera skador för vårdtagare och personal, samt ha god kunskap om den tekniska apparaturen och följa de strålskyddsföreskrifter som finns [13].

INFORMATION OCH OMVÅRDNAD VID DATORTOMOGRAFI

Teknisk utrustning vid en datortomografiundersökning kan verka skrämmande och det är därför viktigt att röntgensjuksköterskan förklarar för patienten hur hela undersökningen kommer att gå till. Informationen bör innefatta varför undersökningen görs, vad patienten kan förvänta sig, hur lång tid det kommer att ta och behovet av att ligga helt stilla. Patienten skall också informeras om att röntgensjuksköterskan

övervakar patienten under hela proceduren. Andningsinstruktioner skall ges vid de undersökningar som kräver det. I vissa fall behövs andningstekniken övas några gånger innan undersökningen sätts igång för att det ska bli en lyckad diagnostisk undersökning [2].

Omvårdnaden vid en radiologisk undersökning kan enligt Anderson et al. [14] delas in i två olika delar. Den ena delen behandlar den direkt patientrelaterade omvårdnaden medan den andra syftar till den indirekt patientrelaterade omvårdnaden. Den direkt patientrelaterade omvårdnaden innefattar röntgensjuksköterskans förmåga att informera, stödja och vägleda patienten under röntgenundersökningen. Röntgensjuksköterskan måste också värna om patientens integritet och kunna hantera etiska dilemman som uppstår. Den indirekt patientrelaterade omvårdnaden berör planering och förberedelse av undersökningar, bildhantering och kvalitetssäkerhet [14].

Patientmötena vid en datortomografiundersökning är ofta relativt korta vilket ställer stora krav på röntgensjuksköterskans förmåga att kommunicera och skapa trygghet och förtroende. I det korta mötet och den teknikbaserade miljön har röntgensjuksköterskan en betydelsefull uppgift i att värna om patientens trygghet, säkerhet och välbefinnande [15].

OMVÅRDNADSBEGREPP RELATERADE TILL DATORTOMOGRAFI

Patientsäkerhet

Säkerhet kan definieras som resultatet av åtgärder eller egenskaper som minskar sannolikheten för att olyckor eller andra oönskade händelser ska inträffa [16]. God patientsäkerhet inom vården innebär att patienten ska känna sig trygg och vara i goda händer. Patientsäkerhet handlar om att ingen vårdskada ska inträffa under vårdtiden. För att patientsäkerheten inom radiologin ska kunna upprätthållas krävs god kommunikation, information och fasta rutiner [17]. Enligt Andersson et al. [14] är säkerheten en viktig del för god omvårdnad i samband med röntgenundersökningar. För att säkerställa patientsäkerheten och inte utsätta patienten för onödig strålning är det viktigt med god kommunikation och samverkan mellan röntgensjuksköterska och radiolog [14].

Kommunikation

Inom hälso- och sjukvården har kommunikationen en stor betydelse. Mötet mellan röntgensjuksköterska och patient blir mycket effektivare vid ömsesidig förståelse för varandra [18]. Kommunikation innefattar inte bara verbala uttryck utan även icke verbala uttryck. Icke verbal kommunikation tolkas av mottagaren och kan bestå av kroppsspråk, ögonkontakt eller beröring [18, 19]. För att patienten ska känna sig trygg och säker vid en röntgenundersökning är det av stor betydelse att röntgensjuksköterskan för en kontinuerlig kommunikation med patienten och informerar om vad som kommer att hända. Patienter som är välinformerade uppfattas vanligtvis ha kontroll över situationen, vilket leder till minskad oro och ångest [14].

Trygghet

Trygghet kan skapas genom beröm och uppmuntran, vilket får patienten att växa och ökar samarbetsviljan. En fortlöpande information som beskriver vad som händer ger trygghet. En dialog mellan patient och röntgensjuksköterska där patienten får reda på i förväg vad som kommer att ske och hur det kommer att kännas medför att patienten blir lugn och trygg. Röntgensjuksköterskan kan med kunskap och förståelse vända sårbarheten och beroendet till lugn och trygghet, vilket även kan frambringa lindring och bot. Patientens tillfrisknande påverkas av en trygg kontakt med vården. Genom att röntgensjuksköterskan lyssnar, berör och ser till patienters behov kan en trygghet skapas [18].

Etik

Etik handlar om värderingar och kan beskrivas som reflektioner och teorier som vägleder vår moral [20]. Exempel på etik kan vara värderingar så som vad vi tycker är bra-dåligt, ont-gott och sant-osant. Omvårdnadsetiken klargör vad som är gott och ont, rätt och fel i vården. Områden som etiken behandlar inom sjukvården är bland annat patientens autonomi och integritet. Etik handlar om vårdpersonalens inställning och attityder, om viljan att göra gott och rätt. Röntgensjuksköterskan bör alltid tänka på patientens bästa och respektera dess integritet och autonomi [21].

PROBLEMFÖRMULERING

Under de senaste åren har datortomografiundersökningar ökat markant över hela världen. Undersökningen ger detaljerad information om patientens anatomi men till en relativt hög stråldos, betydligt högre än konventionell röntgen. Idag bidrar datortomografiundersökningar med ungefär 70 procent av den totala stråldosen till befolkningen i Sverige, men utgör endast 20 procent av alla röntgenundersökningar [22]. Vid datortomografiundersökningar exponeras patienten för joniserande strålning vilket utgör en risk för strålningsinducerad cancer. Metoden är snabb och lättillgänglig vilket ofta gör den till ett förstahandsalternativ. Medvetenheten om de höga stråldoserna är dock vaga och i vissa fall upplevs undersökningen inte alltid berättigad. Enligt Strålsäkerhetsmyndigheten [22] bedöms 20 procent av datortomografiundersökningarna inom den svenska sjukvården som onödiga. I yrkesprofessionen som röntgensjuksköterska ingår det att vid varje undersökning med joniserande strålning medverka till att patienten får så låg stråldos som möjligt och samtidigt bevara god diagnostisk bildkvalitet. Stråldosernas höga nivå vid datortomografiundersökningar är ett problem och därför finns ett behov att ta reda på vilka strålsäkerhetsåtgärder som kan vidtas för att minimera stråldosen till patienten och arbeta för en patientsäker vård, i avseende på risken för strålskador.

SYFTE

Syftet med litteraturöversikten är att belysa strålsäkerhetsåtgärder som kan vidtas för att minimera stråldosen till patienten i samband med datortomografiundersökning.

METOD

VALD METOD

Aktuell examensrapport har genomförts som en litteraturöversikt enligt Friberg [23]. En litteraturöversikt innebär att fördjupa sig och skapa en översikt över redan befintlig forskning inom ett specifikt kunskapsområde [23]. Examensrapporten baserades på ett systematiskt urval av vetenskapliga artiklar inom området strålsäkerhet där syftet var att belysa strålsäkerhetsåtgärder som kan vidtas för att minimera stråldosen till patienten i samband med datortomografiundersökning. Litteraturöversikten baserades på 18 vetenskapliga artiklar vilka samtliga bygger på kvantitativ forskning.

LITTERATURSÖKNING

Databaserna som användes vid den systematiska litteratursökningen var PubMed och Cinahl. Sökningar gjordes även i databasen Scopus, men utan resultat. Artikelsökningen påbörjades genom att ta fram relevanta sökord med hjälp av Svenska MeSH termer. På så sätt kunde korrekta medicinska termer erhållas. De mest frekventa sökorden som användes vid artikelsökningen var CT, radiation dose, reduction och protection. Sökorden användes i kombination med varandra på olika sätt, se bilaga 1. De artiklar vars titel stämde överens med litteraturöversiktens syfte valdes ut och om abstraktet var väsentligt lästes hela artikeln igenom. Utifrån referenslistor och sökmotorers förslag på liknande artiklar har även en manuell sökning gjorts. Sökningarna utfördes under tidsperioden 2013-01-21 till 2013-02-15.

INKLUSION OCH EXKLUSION

Inklusionskriterier för litteraturöversikten var att artiklarna skulle innefatta strålsäkerhetsåtgärder inom området datortomografi. Övriga inklusionskriterier var att samtliga artiklar skulle vara skrivna på engelska och vara vetenskapligt granskade. Exklusionskriterier var studier där barn deltog samt artiklar publicerade tidigare än år 2000. Val av tidsintervall gjordes för att få så aktuell information som möjligt, då tekniken inom radiologin utvecklas kontinuerligt. Totalt inkluderades 18 kvantitativa artiklar från olika länder för att få ett mer representativt resultat.

KVALITETSGRANSKNING OCH DATAANALYS

För att säkerställa att artiklarna var av god kvalitet granskades artiklarna kritiskt utifrån Fribergs [23] frågeformulär samt William och Stoltz [24] protokoll för kvalitetsbedömning, se bilaga 2 och 3. Enligt Friberg [23] ska en originalartikel innefatta introduktion, ett tydligt syfte, metod, resultat och diskussion. Etiska resonemang fördes i några av artiklarna men inte alla, då många byggde på fantomstudier. Artiklarna som valdes ut analyserades enligt Fribergs [23] analysmetod. Alla artiklar lästes igenom flera gånger av samtliga författare för att få en känsla av vad de handlade om och att innehållet var relevant för litteraturöversiktens syfte. Innehåll och textavsnitt som svarade mot syftet översattes från engelska till svenska för att få en tydligare förståelse av materialet. Skillnader och likheter i utvalda textavsnitt analyserades och delades in i relevanta rubriker.

SIGNIFIKANS

I kvantitativa studier har p-värdet stor betydelse för studiens trovärdighet. Sannolikheten att slumpen inte har inverkat uttrycks av värdet på p. För att resultatet ska vara signifikant måste p-värdet vara mindre än 0,05, vilket innebär att det är mindre än 5 procents chans att det är slumpen som har inverkat på resultatet. Ju lägre p-värde desto högre sannolikhet att resultatet stämmer [25]. Vid artikelgranskningen har hänsyn tagits till p-värdet i den mån det varit möjligt, vilket är presenterat i bilaga 4.

ETISKA ASPEKTER

Vid vetenskaplig forskning är det väsentligt att ge så sanningsenlig bild som möjligt av det område som studeras, samt behandla tidigare forskning med respekt och på ett korrekt sätt. Enligt Nyberg [26] är det viktigt att ta hänsyn till vissa etiska principer i vetenskapligt arbete. Principerna innebär att tidigare forskningresultat inte får plagieras, fabriceras eller falsifieras [26]. Aktuell litteraturöversikt är framtagen med hänsyn till ovanstående etiska förhållningsätt.

RESULTAT

Under artikelanalysen framkom det tre huvudteman: maskintekniska åtgärder, patientrelaterade åtgärder och strålskydd. Det första nämnda huvudtemat behandlar vilka parametrar som kan justeras i datortomografiapparaten. Det andra huvudtemat utgår från vilka åtgärder som kan vidtas i förhållande till patienten och sista huvudtemat representerar medvetenheten om patientspecifika strålskydd. De tre huvudteman har framkommit ur åtta subteman, se tabell 3.

Tabell 3. Huvudteman och subteman.

Huvudteman	Subteman			
Maskintekniska åtgärder	Rörström, rörspänning och pitch inverkan på stråldosen	Exponeringsautomatik	Begränsat undersökningsområde	Centrering i isocenter
Patientrelaterade åtgärder	Anpassa parametrar efter patientens storlek	Undvika onödiga datortomografiundersökningar		
Strålskydd	Vismutskydd	Gonadskydd		

MASKINTEKNISKA ÅTGÄRDER

Rörström, rörspänning och pitch inverkan på stråldosen

De tre effektivaste sätten att minimera stråldosen med hjälp av exponeringsparametrarna är att sänka rörströmmen (mA), rörspänningen (kV) eller öka pitchen [27, 28, 29, 30]. När dessa exponeringsparametrar minskas är brusnivå och kontrastupplösning de viktigaste bildkvalitetsaspekterna [27].

En studie gjord av Zarb et al. [27] visade att en minskning av rörströmmen med 20-33 procent genererade samma minskning i $CTDI_{vol}$ och DLP. Minskningen av rörströmmen ökade dock brusnivån i bilden med 3-27 procent [27]. Liknande resultat framkom i Kalra et al. [30] studie där en 50 procent reducering av rörströmmen minskade stråldosen med 50 procent, men gav en brusökning med 30 procent. Enligt Kalra et al. [30] kan en minskning av rörströmmen med 50 procent göras då patienten väger mindre än 81 kg utan betydande förlust i bildkvalitet. För kraftiga patienter var bildkvaliteten inte godtagbar vid minskning av rörströmmen med 50 procent [30]. Studier där användningen av låg rörström i en specifik region, såsom huvudet, bröstet och buken, visade att det var möjligt att minska rörströmmen och ändå få tillräckligt bra diagnostisk bildkvalitet med en avsevärd minskning av stråldosen till patienten [27, 30].

Minskning av rörspänning i samband med datortomografiundersökning är mer komplicerat än reducering av rörströmmen, då det påverkar både bruset och kontrasten i bilden [27, 29]. Zarb et al. [27] studie visade att en minskning av rörspänningen med 14-17 procent bidrog till en stråldosreduktion med 32-38 procent, men med en betydande ökning av brusnivån. Detta stämmer bra överens med resultatet i Antypas et al. [29] studie där en minskning av rörspänning från 120 till 100 kV medförde en stråldosreduktion på 35 procent. Minskningen av rörspänningen ökade dock brusnivån med 22 procent och försämrade kontrasten i bilden [29].

Ett högt pitchvärde i samband med datortomografiundersökningar är associerat med en minskad stråldos om alla andra exponeringsparametrar hålls konstanta. Detta beror på att en högre pitch ger en snabbare bordsförflyttning, vilket resulterar i en kortare exponeringstid [27, 30]. Stråldosen är omvänt proportionell mot pitch, d.v.s. när pitchen är dubblerad minskar stråldosen till hälften. En hög pitch (>1) kan dock leda till att områden missas på grund av att bildsnitten inte överlappar varandra. En för hög pitch kan även leda till ökning av artefakter och försämring av den spatiella upplösningen [30]. I Zarb et al. [27] studie minskades stråldosen med 35 procent då en ökning av pitchen med 69 procent gjordes. I samband med ändringen ökade dock bruset med 25 procent [27].

Exponeringsautomatik

Exponeringsautomatik är förmodligen den viktigaste innovationen när det kommer till stråldosreduktion inom datortomografi [31, 32, 33]. Tekniken bygger på att automatiskt anpassa rörströmmen (mA) efter den aktuella kroppsattenueringen och samtidigt bibehålla en konstant brusnivå. Exponeringsautomatik har rapporterats kunna reducera stråldosen med 18-26 procent jämfört med fast rörströmsteknik [32]. Det finns tre huvudsakliga sätt att anpassa exponeringsautomatiken. Det ena sättet är att automatiskt justera rörströmmen i x-y-led, kroppens transversella plan, vilket innebär att rörströmmen moduleras efter varje rotation av röntgenröret och tar hänsyn till kroppens asymmetri. Kroppens tjocklek är mycket tunnare från framsida till baksida än om man jämför med från höger till vänster, dvs. kroppen är elliptisk formad. Det andra sättet är att automatiskt justera rörströmmen i z-led, kroppens längsgående riktning. Den här tekniken går ut på att rörströmmen anpassas efter varje rotation av röntgenröret beroende på kroppstjocklek. Rörströmmen blir här mycket lägre för de tunnare områdena på kroppen och högre för de tjockare. Stråldosen för nacken är exempelvis

mycket lägre jämfört med stråldosen till buken [32, 33, 34]. Det tredje sättet är att använda de två ovanstående teknikerna tillsammans, vilket automatiskt justerar rörströmmen i kroppens alla tre led [32, 34].

I Lee et al. [33] studie framkom det att exponeringsautomatik i z-led reducerade den absorberade stråldosen mer effektivt än exponeringsautomatik i x-y-led. Resultatet i Mulkens et al. [35] studie visade att exponeringsautomatik i z-led och x-y-led ihop gav störst stråldosreduktion. Reduktionen varierade från 20 procent (thorax) till 68 procent (halsrygg) jämfört med att bara använda exponeringsautomatik i x-y-led. Den kombinerade exponeringsautomatiken är lätt att använda och försäkrar god bildkvalitet till lägre stråldos [35].

I två studier har exponeringsautomatik som är organbaserad undersökts [34, 36]. Automatiken är anpassad för att reducera stråldosen till de ytliga strålkänsliga organen, såsom ögats lins, sköldkörteln och bröst, genom att minska rörströmmen när röntgenröret passerar över dessa organ [34, 36]. I Duan et al. [34] studie kunde stråldosen med denna teknik reduceras med 27-50 procent beroende på vilket område som undersöktes. Tekniken visade ingen signifikant skillnad i bildkvalitet jämfört med vanlig exponeringsautomatik. Däremot ökade stråldosen till regionerna bakom de strålkänsliga organen i motsvarande grad [34]. I två oberoende studier jämfördes även organbaserad exponeringsautomatik med vismutskydd och resultatet visade att organbaserad exponeringsautomatik har liknande stråldosreduktion som vismutskyddet men erhöll en bättre bildkvalitet [34, 36].

Begränsat undersökningsområde

Större undersökningsområde vid datortomografiundersökningar leder till ökad stråldos till patienten. Detta beror på att ett större bestrålat område kräver mer stråldos [29, 37]. Enligt Antypas et al. [29] finns det en tendens att vid datortomografiundersökningar undersöka ett större område än vad som egentligen är nödvändigt, och därmed inkludera yta utöver vad som är av intresse. För att minska stråldosen till patienten vid datortomografiundersökning är det av stor betydelse att minimera undersökningsområdet och endast bestråla det som är absolut nödvändigt att undersöka. Vid buk- och bäckenundersökningar bör t.ex. översikt bilden stoppas vid symfysis pubis och testiklarna bör inte vara med i strålfältet om det inte är begärt i remissen. Överlappning bör begränsas då organ som bestrålas två gånger ökar den effektiva dosen till patienten [29].

Richards et al. [37] studie visade att risken för utvecklande av cancer i samband med datortomografiundersökning av ländrygg var ca 1 av 3200, vilket var betydligt lägre än om hela ryggraden undersöktes (1 av 1800). Detta beror på den längre bestrålade ytan samt att det strålkänsliga organet sköldkörteln måste inkluderas då hela ryggraden undersöks. Studien belyser behovet av att endast undersöka minsta antalet kotor för att minimera stråldosen till patienten [37]. Enligt Richards et al. [37] har effekten av att endast täcka det område som är absolut nödvändigt, för att svara på frågeställningen, en dramatisk inverkan på den uppskattade cancerrisken för den individuella patienten.

Centrering i isocenter

Optimal patientpositionering och centrering i gantryts isocenter är viktigt för alla datortomografiundersökningar. I datortomografiapparaters gantry finns ett laserbaserat guidningssystem som röntgensjuksköterskan använder för att centrera patienten rätt. Fel positionering av patienten i gantryts isocenter kan negativt påverka bildkvaliteten när exponeringsautomatik används, samt öka stråldosen till patientens tunnare perifera delar. Kompensation i bildkvalitet och ökad stråldos vid felcentrering beror på användning av bow-tiefiltret i datortomografiapparaterna [31]. Bow-tiefiltret är ett filter som formar röntgenstrålningen så att de tunnare perifera delarna av patientens tvärsnittsarea får en lägre stråldos till skillnad från de tjockare centrala delarna [28, 31]. Jämfört med ett platt filter kan bow-tiefiltret reducera stråldosen upp till 50 procent. Med bow-tiefiltret ökar röntgenstrålningens attenuering med avståndet från isocenter och fungerar därför mest effektivt när patienten är rätt centrerad. Om patienten är felcentrerad gör bow-tiefiltret en olämplig kompensation genom att mer stråldos ges till huden och de tunnare perifera delarna av kroppen medan mängden stråldos som behövs för de tjockare delarna reduceras [31].

I en fantomstudie av Li et al. [31] visade en felcentrering i gantryts isocenter en väsentlig ökning av stråldosen till huden och perifera delar av kroppen, samt en ökning av brusnivån. Den här upptäckten kan förklaras på grund av den ovannämnda beskrivningen av bow-tiefiltret [31]. För att reducera stråldosen och förbättra bildkvaliteten utvecklade Li et al. [31] en mjukvara för automatisk patientcentrering. Mjukvaran möjliggör för röntgensjuksköterskan att exakt centrera patienten i gantryts isocenter, inom ramen av bow-tiefiltret. Metoden hjälper till att minska den yttliga stråldosen vilket medför att överdriven stråldos, till följd av felcentrering, till de strålkänsliga organen kan minimeras. Tekniken bygger på att mjukvaran med hjälp av matematiska ekvationer kan räkna ut var rätt centrering bör ligga utifrån geometriska mittpunkten i attenueringsprofilen från den laterala översiktsskärmen [31]. I Li et al. [31] studie framkom det att patienterna som deltog i studien blev felcentrerade av röntgensjuksköterskan i 95,2 procent av fallen, vilket medförde ökad stråldos. Användandet av automatisk centreringsteknik kan hjälpa till att optimera patientens centrering och resultera i att stråldosen reduceras upp till 30 procent [31].

Rätt centrering är särskilt viktigt när datortomografiundersökningen utförs med hjälp av exponeringsautomatik, eftersom exponeringsautomatiken använder lägsta möjliga rörström för den angivna bildkvaliteten anpassad till patientens tvärsnittsarea [31]. Då exponeringsautomatik tenderar att minska stråldosen till tunnare patienter och öka stråldosen till kraftigare patienter visade Li et al. [31] studie att rätt centrering gav större effekt gällande stråldosreduktion hos tunnare patienter. I Kalra et al. [28] studie testades felcentrering av vismutskydd på fantom och huruvida felcentrering under gantryts isocenter kunde påvisa någon märkbar förändring i brusnivå eller genomsnittlig yttlig stråldos jämfört med korrekt centrering i isocenter. Resultatet visade att brusnivån ökade med ökad felcentrering, ingen större förändring gällande yttlig stråldos kunde ses. Studien hävdar att vismutskydd reducerar stråldos till de strålkänsliga organen oavsett omfattning av felcentrering [28].

PATIENTRELATERADE ÅTGÄRDER

Anpassa parametrar efter patientens storlek

Det finns patientbaserad exponeringsautomatik framtagen eftersom patienter har olika kroppskaraktärer. Beroende på patientens vikt och undersökningsområde kan utrustningen i datortomografiapparaten, utifrån översiktsskärmen, automatiskt välja rätt rörström och exponeringstid för att upprätthålla god bildkvalitet. När väl exponeringsförhållandena är fastställda behålls de, utan att ändras, under hela datortomografiundersökningen [33]. Tidigare forskning har visat att viktbaserad justering av exponeringsautomatiken vid 140 kV reducerar stråldosen i samband med datortomografiundersökning av buken [32]. I Prakash et al. [32] studie visade resultatet att viktbaserad exponeringsautomatik vid 120 kV kunde reducera stråldosen i samband med datortomografiundersökning av thorax utan försämrad bildkvalitet, jämfört med icke viktbaserad exponeringsautomatik vid 140 kV. Resultatet talade för en övergripande minskning av $CTDI_{vol}$ på 29 procent och 27 procent på den effektiva dosen [32].

I Aldrich et al. [38] studie har en serie av förutsägande ekvationer baserade på patientens vikt utvecklats för de datortomografiapparater där fast rörströmsteknik används. Dessa tillåter röntgensjuksköterskan att ställa in rörströmmen så att bilder produceras till fastställd brusnivå. Resultatet visade att den lättaste patienten som deltog i studien hade kunnat undersökas med 72 procent lägre rörström om den förutsägande ekvationen hade använts, vilket skulle ha reducerat den effektiva dosen till patienten från 5.0 mSv till 1,4 mSv. Resultatet visade också att de standardmetoder som normalt användes för att fastställa rörström var otillräckliga, då de inte kompenserade för patientstorleken, vilket resulterade i stora variationer i brusnivå. Data talade för att patientens vikt och tvärsnittsdiаметer starkt korrelerade med brusnivån. Den viktbaserade ekvationen kan enligt resultatet minska den stora variationen i val av rörström som röntgensjuksköterskan gör och som leder till överexponering av lättare patienter och underexponering av kraftigare [38].

Det har också visats att stråldosen kan reduceras om rörströmmen skräddarsys efter patientens body mass index (BMI) [29] eller bukarea [30], utan att äventyra bildkvaliteten [29, 30]. I Wilting et al. [39] studie framkom det att undersökningsprotokoll som är individanpassade för patientens storlek kunde reducera stråldosen till de flesta patienter. En genomsnittlig stråldosreduktion på 28 procent kunde åstadkommas med ett lägre stråldosprotokoll jämfört med rutinprotokoll och likvärdig bildkvalitet kunde upprätthållas om patientens diameter inte överskred 30 centimeter. Resultatet visade att stråldosreduktion och konstant brusnivå kunde åstadkommas om stråldosen anpassades till patientens diameter. Ju tunnare patient desto större blev stråldosreduktionen [39].

Undvika onödiga datortomografiundersökningar

Ett effektivt sätt att minimera stråldosen vid datortomografiundersökningar är att minska antalet onödiga undersökningar. Många datortomografiundersökningar utförs årligen av flera skäl som är oberättigade [29, 37]. Oberättigade undersökningar är t.ex. dubbelremitter som är ett resultat av bristande kommunikation mellan läkare eller att

uppföljande kontroller inte är kliniskt motiverade [29]. I Antypas et al. [29] studie infördes under en månad att alla uppföljande undersökningar av samma region ”flaggades”. En bättre kommunikation mellan remitterande läkare och radiologer ledde också till ett bättre avgörande om den upprepade undersökningen var motiverad [29]. Ett annat sätt att undvika onödiga datortomografiundersökningar är att söka information om patienten eventuellt undersökts tidigare. Om patienten redan gjort en datortomografiundersökning av lungor, buk och bäcken kan t.ex. ryggradsbilder rekonstrueras fram utifrån befintlig data från dessa regioner. Detta skulle spara stråldos till patienten då en ny datortomografiundersökning inte behöver göras [29, 37].

Datortomografiundersökning bidrar med en relativt hög effektiv stråldos till patienten, mellan 2-20 mSv. Av den anledningen är det viktigt att överväga när andra undersökningsalternativ kan användas. Vid vissa frågeställningar kan ultraljud eller magnetkamera, tekniker som inte producerar någon joniserande strålning, fungera lika bra som diagnostiseringsmetod [29].

STRÅLSKYDD

Vismutskydd

Vismutskydd är ett strålskydd som innehåller ett material med högt atomnummer för att skydda strålkänsliga organ och dämpa strålningen [33]. Vismutskydd introducerades på 90-talet för att reducera stråldosen vid datortomografi [28], speciellt för de ytliga strålkänsliga organen som ögats lins, sköldkörtel och bröst [28, 40]. Flertalet studier visar att vismutskydd har flera dokumenterade fördelar vad gäller stråldosreducering till strålkänsliga organ [28, 40, 41]. Dock finns det motstridiga studier om huruvida strålskyddet påverkar bildkvaliteten, att sänkt stråldos fås som ett resultat av ökad brusnivå och streckartefakter [28, 42]. Studien Catuzzo et al. [40] visade att användning av vismutskydd medförde en signifikant minskning av stråldosen till ögats lins, sköldkörtel och bröst. Vid användning av vismutskydden uppnåddes en stråldosreducering på 38 procent, vilket medförde en betydande minskning av hälsorisen för patienten. Strålskyddens dämpningsförmåga varierade från 30-60 procent, beroende på organ och inställningar på datortomografiapparaten [40].

I två studier framkom det att bildresultatet försämrades med vismutskydd, vilket visades genom ökat brus och streckartefakter i bilden [28, 42]. Geleijns et al. [42] påstår att vismutskydd inte bör användas, eftersom det påverkar bildkvaliteten för mycket. Vismutskyddet bör även undvikas när abnormiteter skall lokaliseras i närheten av området där strålskyddet placeras, eftersom eventuella streckartefakter till följd av strålskyddet kan försvåra diagnostiken [28]. I dessa situationer bör andra strålsänkande åtgärder vidtas såsom justering av exponeringsparametrar [28, 42]. Catuzzo et al. [40] studie visade däremot att med vismutskydd erhöles en bättre bildkvalitet än om justering av exponeringsparametrarna gjordes. Catuzzo et al. [40] studie förespråkar ökad användning av vismutskydd. Vismutskydd bör bli rutinmässiga i den kliniska verksamheten [40] då de är kostnadseffektiva, enkla att applicera och bildkvaliteten inte blir nämnvärt försämrad [40, 43].

Direktkontakt mellan vismutskydd och hudyta bör alltid undvikas [28, 33, 36, 40]. Ökat avstånd mellan strålkänsligt organ och vismutskydd medför att stråldosen reduceras signifikant utan försämrad bildkvalitet [36, 41]. Mellan hud och vismutskydd kan ett speciellt underlag placeras för att skapa avstånd och därmed minimera artefakter [40]. Avståndet kan åstadkommas med hjälp av skummateriale eller hopvikta lakan [28]. För att få optimal stråldosreduktion med hjälp av vismutskyddet bör alltid översiktsskärmen tas innan strålskyddet appliceras. Detta beror på att exponeringsautomatiken annars gör en felbedömning i justerandet av rörströmmen och patienten får då istället en ökad stråldos [28, 40].

En viktig metod för att reducera stråldosen till patienten är exponeringsautomatik som modulerar strålintensiteten beroende på patientstorleken [33]. Lee et al. [33] studie visade att exponeringsautomatik och vismutskydd reducerade stråldosen effektivt. Vid en kombinerad metod av både exponeringsautomatik och vismutskydd reducerades stråldosen vid datortomografiundersökning mer än om teknikerna användes var för sig. Bildkvaliteten försämrades avsevärt om vismutskyddet placerades direkt på fantomet och exponeringsautomatik inte användes. För att effektivt reducera stråldosen vid datortomografiundersökningar, utan någon signifikant försämring av bildkvaliteten, bör vismutskyddet placeras 1 cm från patientens hudyta och kompletteras med exponeringsautomatik [33].

Vismutskydd för ögonen är en effektiv metod för att minimera stråldosen till patienten. Effekten av vismutskydd för ögonen beror dock på röntgenrörets position i förhållande till ögats lins [43]. I Grobe et al. [43] studie var den maximala stråldosreduktionen till ögats lins 43,2 procent \pm 6,5 procent, då röntgenröret stod i anterior (främre) position. Minst stråldosreduktion erhöles då röntgenröret hade posterior (bakre) position, vilket gav en stråldosreduktion på 28,2 procent \pm 18,5 procent. Då det inte går att exakt avgöra röntgenrörets mest gynnsamma position, i förhållande till ögats lins, är det svårt att uppskatta vad den totala stråldosreduktionen blir [43]. Resultat har visat att vismutskydd för ögonen kan ge en stråldosreduktion på 27 [42, 43] -52,8 procent [43]. I Geleijns et al. [42] studie visades en stråldosreduktion på 26 procent till sköldkörteln och 30 procent till bröstet vid användning av vismutskydd.

I Grobe et al. [43] studie framkom det att vissa patienter upplevde obehag med att strålskyddet placerades framför ögonen. I dessa situationer bör användandet av vismutskyddet övervägas då en orolig patient kan ha svårt att ligga still, vilket i sin tur kan resultera i rörelseartefakter och försämrad bildkvalitet [43]. Med tanke på ögats strålkänslighet och stråldosreduktionen som vismutskyddet ger visade Grobe et al. [43] studie att vismutskyddet bör användas vid varje datortomografiundersökning av hjärnan, om det inte försämrar bildkvaliteten nämnvärt till följd av artefakter.

Gonadskydd

Gonadskydd (testikelskydd) är ett flexibelt blyskydd som omger testiklarna vid direkt och indirekt bestrålning [43, 44]. Grobe et al. [43] studie visade att användning av gonadskydd gav en stråldosreduktion på 96,2 procent. Detta är förenligt med en studie av Hohl et al. [44] där en stråldosreduktion uppmättes till 87 procent, från 2,4–0,32 mSv. Bildkvaliteten försämrades inte vid användning av gonadskydd i samtliga av Hohl

et al. [44] undersökningar. Studien Hohl et al. [44] rekommenderar rutinmässig användning av gonadskydd för manliga patienter som genomgår datortomografiundersökning av buk eller bäcken, eftersom bildkvaliteten inte försämrades. Vid bäckenundersökningar där diagnostisk information är viktig i de nedre delarna rekommenderas inte gonadskydd då svåra artefakter kan försämra bildkvaliteten. Gonadskydd är en effektiv metod för att minimera stråldosen till patienten. Strålskyddet är både enkelt, säkert och kostnadseffektivt [43].

DISKUSSION

METODDISKUSSION

Examensrapporten har genomförts som en litteraturöversikt. Då intentionen var att sammanfatta de senaste årens forskningsresultat inom strålsäkerhetsåtgärder, i samband med datortomografiundersökning, var denna metod mest lämplig. I diskussionen om syftet och förestående artikelsökning fanns en förhoppning om att finna både kvantitativa och kvalitativa artiklar för att få ett bredare perspektiv på rapporten. Kvantitativa artiklar med fokus på tekniken och kvalitativa artiklar som belyste omvårdnadsåtgärder som påverkar strålsäkerheten. I sökningen av de kvalitativa artiklarna användes sökorden: CT, radiation dose, reduction protection i kombination med omvårdnadsrelaterade begrepp såsom: patient care, nursing, information och communication. Trots upprepade försök påträffades inga kvalitativa artiklar. Rapportens resultat blev därmed tekniskt inriktat. Detta kan ses som en begränsning för litteraturöversikten då resultatet inte belyser omvårdnadsåtgärder som kan vara viktiga ur strålsäkerhetssynpunkt

PubMed var den databasen som genererade flest artiklar till rapporten. Detta på grund av att databasen är baserad på forskning inom medicinteknik och omvårdnad, vilket är förenligt med det valda ämnesområdet. Databasen Cinahl behandlar artiklar inom vårdvetenskap och där erhöles endast tre artiklar. Största delen av artikelsökningen gjordes relativt öppen gällande sökorden och med få begränsningar, vilket resulterade i många träffar. Ett stort material gick avsiktligt igenom då det upptäcktes att fler begränsningar inte gav något resultat. Valet av publiceringsår gjordes från år 2000 till 2013, vilket nu i efterhand borde ha begränsats ännu mer för att endast erhålla det allra senaste inom den tekniska utvecklingen. Dock hade en snävare tidsbegränsning förmodligen medfört att tillräckligt många relevanta artiklar inte hade hittats. Aktuell litteraturöversikt är baserad på 18 vetenskapliga artiklar från USA, Kanada, England, Tyskland, Belgien, Holland, Malta, Italien, Spanien och Korea. Flertalet av artiklarna kommer från västvärlden, vilket kan göra att resultatet kan tillämpas inom svensk sjukvård.

Studierna i artiklarna var utförda på flera olika datortomografiapparater vilket gjorde att data var svår att jämföra sinsemellan, samt att en del protokoll och metoder var specifikt utformade för just den modellen av apparat. Detta kan ses som en nackdel för litteraturöversikten då data och resultat inte blir applicerbart på vilken datortomografiapparat som helst. Studierna var utförda på både fantom och människor, och resultatet kan därför vara svårt att jämföra på ett korrekt sätt. I de artiklar där studier utfördes på människor var urvalet representativt med avseende på ålder, kön och

patientstorlek. Studier utförda på fantom inkluderade i huvudsak flertalet fantomstorlekar för att återspegla olika patienters storlekar. Resultatet kan därmed bli mer representativt och applicerbart i praxis. I studier där endast ett fantom användes fanns begränsningar då resultatet inte tog hänsyn till olika patientstorlekar.

Under artikelanalysen granskades samtliga artiklar var för sig och av alla tre författare oberoende av varandra. Detta bidrog till en fördjupad förståelse av artiklarna och ökade rapportens trovärdighet. Alla artiklar var även kvalitetsgranskade enligt Friberg [23] och Stoltz [24] protokoll för kvalitetsbedömning, vilket stärker analysen. Svårigheter upplevdes med att förstå och tolka delar av materialet och statistiken, då litteraturöversikten grundar sig på avancerad teknik. Trots detta anses ändå att en så sanningsenlig bild som möjligt har givits av det område som studerats.

RESULTATDISKUSSION

Syftet med litteraturöversikten var att belysa strålsäkerhetsåtgärder som kan vidtas för att minimera stråldosen till patienten i samband med datortomografiundersökning. Resultatdiskussionen är uppdelad i de tre huvudteman som framkom under artikelanalysen. Ytterligare ett tema gällande omvårdnadsåtgärder har valts att diskuteras då det inte beaktades i resultatet, men hade kunnat bidra till att rapportens resultat fått ett bredare perspektiv.

Maskintekniska åtgärder

När en datortomografiundersökning är berättigad i enlighet med Internationella strålskyddskommissionen [7] ska alltid exponeringsparametrarna vara optimerade så att undersökningen kan utföras med lägsta möjliga stråldos. De tre effektivaste sätten att manipulera exponeringsparametrarna, för att reducera stråldosen till patienten, är att sänka rörströmmen, rörspänningen eller öka pitchen [27, 28, 29, 30].

Exponeringsautomatik är emellertid ett av det viktigaste och vanligaste verktyget när det kommer till stråldosreduktion inom datortomografi [31, 32, 33]. Vid justering av exponeringsparametrarna är sänkning av rörströmmen den vanligaste metoden för att minimera stråldosen, dock är det förenligt med ökad brusnivå [27]. Minskning av rörspänning används inte i lika stor utsträckning eftersom det påverkar både brusnivån och kontrasten i bilden [27, 29]. Manipulering med pitch bör göras med restriktioner, då en alltför hög pitch kan leda till att undersökningsområden missas [30]. Denna metod skulle dock kunna vara värdefull för patienter som genomgår vissa uppföljningsundersökningar, där detaljrik information inte är lika nödvändig. Oavsett stråldosreduktion genom manipulering av exponeringsparametrarna anser vi att det är viktigt att bilderna har så pass god kvalitet att radiologerna kan ställa rätt diagnos. I dagens datortomografiapparater används främst exponeringsautomatik och justering av exponeringsparametrar behöver då inte göras. Det finns dock fortfarande datortomografiapparater ute i verksamheterna som inte har den nyare tekniken. I dessa situationer är det som röntgensjuksköterska viktigt att veta hur exponeringsparametrarna kan modifieras och att förstå konsekvenserna av varje förändring för att minimera stråldosen till patienten.

Automatisk exponeringsteknik har rapporterats kunna reducera stråldosen väsentligt jämfört med fast rörströmsteknik [32]. I Mulkens et al. [35] studie visar resultatet att en kombinerad exponeringsautomatik ger störst stråldosreduktion till god bildkvalitet. Exponeringsautomatik som är organbaserad visar sig minska stråldosen till de ytliga strålkänsliga organen [34, 36], dock ökar stråldosen till regionerna bakom dessa organ i motsvarande grad [34], vilket är ett observandum. Vid thoraxundersökning har exempelvis bröst och lungor samma viktfaktor när det gäller strålkänslighet [34]. Metoden skulle innebära att stråldosen reducerades till bröstet samtidigt som det ger en ökad stråldos till lungorna. Om detta innebär att organbaserad exponeringsautomatik kan ha en önskad effekt på den övergripande strålningsrisken kan vara svårt att förutse. I två studier visar resultat att organbaserad exponeringsautomatik och vismutskydd har liknande stråldosreduktion men organbaserad exponeringsautomatik erhåller bättre bildkvalitet [34, 36]. Organbaserad exponeringsautomatik kan därför vara en bra metod att använda till ögats lins och sköldkörteln men med hänsyn till ovanstående kan vismutskyddet vara ett bättre alternativ vid thoraxundersökning.

Resultatet visar att rätt centrering i gantrys isocenter har stor betydelse vid alla datortomografiundersökningar, vad gäller både bildkvalitet och reducerad stråldos [31]. I Li et al. [31] studie framkommer det att röntgensjuksköterskan felcentrerade de patienter som deltog i 95,2 procent av fallen, vilket bidrog till ökad stråldos. Det höga antalet felcentreringar kan tänkas bero på brist av ordentlig träning, tidsbrist vid stressigt schema, brist på definierade anatomiska centreringutgångspunkter, patientrelaterade faktorer eller tillit till de två översiktsbilderna. Enligt den yrkesetiska koden för röntgensjuksköterskor [12] är det röntgensjuksköterskans ansvar att åtgärda eventuella kunskapsbrister genom att kritiskt granska sin yrkesutövning och inhämta kunskaper som saknas. Den automatiska centreringstekniken som används i Li et al. [31] studie innebär att två översiktsbilder behövs. Detta kan öka stråldosen till patienten i de datortomografiapparater där bara en översiktsbild krävs för att planera undersökningen. Den ökade stråldosen kan däremot uppskattas som liten jämfört med den extra ytliga stråldosen som de flesta felcentrerade patienter får. Den automatiska centreringstekniken framtagen i Li et al. studie [31] innebär att röntgensjuksköterskan måste gå in i rummet igen för att centrera patienten rätt vilket medför extra tidsåtgång. Detta kan vara kritiskt vid akuta datortomografiundersökningar men kan ses som positivt i samband med rutinundersökningar då det innebär att röntgensjuksköterskan får en extra kontakt med patienten. Så länge den automatiska centreringstekniken inte är allmänt tillgänglig är det oerhört viktigt att röntgensjuksköterskan riktar ordentlig uppmärksamhet på patientcentreringen för att reducera stråldosen till patienten, samt erhålla en bättre bildkvalitet.

I en studie av Antypas et al. [29] framgår det att det finns en tendens att vid datortomografiundersökningar undersöka ett större område än vad som egentligen är nödvändigt. Ett större bestrålat område bidrar till ökad stråldos och därför finns det ett behov att radiologer och röntgensjuksköterskor uppmärksammar doskonsekvenserna som ett onödigt stort undersökningsområde ger. Bättre kommunikation samt protokoll som begränsar undersökningarna till vad som är absolut nödvändigt bör fastställas, i enlighet med ALARA-principen [7].

Patientrelaterade åtgärder

Det finns flera olika metoder för att anpassa parametrarna efter patientens storlek. Antingen kan en viktbaserad justering av exponeringsautomatiken göras [32, 33], rörströmmen kan skräddarsys efter patientens body mass index [29] eller bukarea [30] och dels kan undersökningsprotokoll individanpassas efter patientstorleken [39]. I Aldrich et al. [38] studie har även en förutsägande ekvation utvecklats baserad på patientens vikt. Det bör poängteras att den senaste utvecklingen inom stråldosreduktion, så kallad exponeringsautomatik, anses vara mer effektivt än att anpassa parametrar efter patientens vikt vid fast rörströmsteknik. Det finns dock fortfarande datortomografiapparater ute i verksamheterna som inte har den nyare tekniken och där de andra alternativen som här beskrivs skulle vara att föredra. Det allra fördelaktigaste ur patientsynpunkt skulle vara om alla äldre datortomografiapparater kunde bytas ut till nyare med den senaste tekniken, vilket ger bäst stråldosreduktion. Detta är emellertid väldigt kostsamt och förmodligen inte möjligt för flera verksamheter och då är det viktigt att det finns kunskap om alternativa stråldosreducerande åtgärder.

En av de viktigaste åtgärderna för att reducera stråldosen till patienter vid datortomografiundersökningar är att minimera antalet onödiga undersökningar [29, 37]. Enligt internationella strålskyddskommissionen [7] ska alla undersökningar vara berättigade, dvs. att det ska finnas speciella skäl för att den valda undersökningsmetoden ska användas. I Antypas et al. [29] studie framkommer det att många datortomografiundersökningar som utfördes inte var berättigade. Detta upplevs oroväckande då de i kompetensbeskrivningen för legitimerade röntgensjuksköterskor [13] står att en del av radiografins centrala område är utvärdering av undersökningar med avseende på bland annat stråldos och strålsäkerhet, där patientsäkerheten är grundläggande. För att undvika onödiga datortomografiundersökningar är det viktigt att en god kommunikation erhålls mellan såväl radiologer, remitterande läkare och röntgensjuksköterskor. När det är möjligt att använda andra undersökningsmetoder är det av stor betydelse att radiologer och remitterande läkare diskuterar andra undersökningsalternativ som inte utsätter patienten för joniserande strålning. Detta är förenligt med socialstyrelsen föreskrifter om ledningssystem för kvalitet och patientsäkerhet i vården [11] där det står att hälso- och sjukvården ska vara organiserad så att den tillgodoser god patientsäkerhet.

Strålskydd

Resultatet visar på flera dokumenterade fördelar med stråldosreducering till strålkänsliga organ vid användning av vismutskydd [28, 40, 41]. Dock finns det motstridiga studier om huruvida strålskyddet påverkar bildkvaliteten [28, 42]. De flesta studier rekommenderar ändå användning av vismutskydd [28, 40, 41]. Strålskyddet får dock inte vara ett hinder vid bilddiagnostiken eller att felplacering av strålskyddet medför omtagning, då är målet med strålskyddet inte uppnått. Vid de datortomografiundersökningar där strålskyddet inverkar alltför mycket på bildkvaliteten menar Geleijns et al. [42] att vismutskyddet inte bör användas utan förordar justering av exponeringsparametrarna. Likaså skulle även organbaserad exponeringsautomatik kunna vara att föredra vid dessa tillfällen. Gonadskydd är det strålskydd som har visat sig ha störst stråldosreduktion till bibehållen bildkvalitet [43, 44]. Rutinmässig användning av strålskyddet rekommenderas [44], då det är ett enkelt och

kostnadseffektivt sätt att minimera stråldosen [43]. Att inte använda gonadskydd vid datortomografiundersökningar där de rekommenderas vore enligt resultatet i rapporten att döma inte etiskt försvarbart. Den yrkesetiska koden för röntgensjuksköterskor [12] spelar här en viktig roll då den ska ge stöd åt etiska beslut samt vägleda röntgensjuksköterskan i etiska resonemang.

Studien av Grobe et al. [43] påvisar att en del patienter upplever obehag med vismutskydd för ögonen, men författarna tar inte upp hur röntgensjuksköterskan bör agera för att undvika eller mildra sådana obehag. För att mildra obehag bör fortlöpande information ges inför varje delmoment så patienten vet vad som kommer att ske och förstå strålskyddets betydelse. En ömsesidig kommunikation mellan röntgensjuksköterska och patient skapar trygghet och gör att patienten kan säga ifrån om något inte känns bra.

Strålskyddets placering nämns i många studier men det framgår inte tydligt hur stort avståndet mellan patientens hudyta och strålskyddet ska vara. Flera studier är dock överens om att strålskyddet inte bör placeras direkt på patienten, då det ger försämrad bildkvalitet till följd av artefakter [28, 33, 36, 40]. För att underlätta strålskyddets användning ute i verksamheten bör tydligare riktlinjer och rutiner utformas angående strålskyddets placering i enlighet med socialstyrelsens föreskrifter om ledningssystem för kvalitet och patientsäkerhet i vården [11].

Strålskyddslagen [9] säger att röntgensjuksköterskan ska använda skyddsanordningar och vidta de åtgärder som behövs för ett väl fungerande strålskydd. Det är av stor betydelse att strålskydden används i större utsträckning vid datortomografiundersökningar och bör vara obligatoriska när de inte inverkar på bildkvaliteten. Med hänsyn till den betydande inverkan på stråldosen innebär detta en implikation för praxis. Konsekvent och korrekt användning av strålskyddet är en utmaning för röntgensjuksköterskan, men vikten av att skydda de strålkänsliga organen från onödig bestrålning bör alltid vara tillräcklig motivation för att främja konsekvent användande.

Omvårdadsåtgärder

Det är viktigt att poängtera omvårdnadsåtgärdernas betydelse för att minimera stråldosen till patienten, eftersom god omvårdnad kan minimera risken för bildomtagning. Som det nämndes i bakgrunden är det viktigt att patienten ligger helt stilla under hela undersökningen samt att korrekt information ges angående andningstekniken. Det är även betydelsefullt för patienten att få reda på hur undersökningsproceduren kommer att gå till [2]. Information kan bidra till att patienten känner sig delaktig samt upplever trygghet. En trygg och säker patient underlättar det korta mötet med röntgensjuksköterskan. En fungerande kommunikation krävs för att en god vårdrelation ska uppstå. Patienter har individuella behov av hur mycket information som ska ges vid aktuellt tillfälle. Röntgensjuksköterskans kroppsspråk har också en avgörande betydelse hur patienten uppfattar informationen som förmedlas. För att berika litteraturöversiktens resultat hade det varit önskvärt om kvalitativa studier som behandlar vikten av dessa omvårdnadsåtgärder, i relation till reducerad stråldos i samband med datortomografiundersökningar, erhållits.

KONKLUSION

Datortomografi är en undersökningsmetod som används i allt större utsträckning och kommer att ha en fortsatt betydande roll i framtida sjukvård. Vid datortomografiundersökningar skall stråldosen alltid eftersträvas att hållas så låg som möjligt. Strålsäkerhetsåtgärder vid datortomografiundersökning är ett komplext område då det finns flera olika metoder att använda sig av för att minimera stråldosen till patienten. Aktuell examensrapport belyser åtta stråldosreducerande åtgärder som kan användas i praxis. För att minimera stråldosen måste effekten av joniserande strålning beaktas och kunskap inom den kliniska verksamheten måste hållas på en hög nivå. Fel handhavande av röntgensjuksköterskan gällande strålsäkerhet kan medföra eventuella vårdsador till patienten. Ökad medvetenhet om hur stråldoserna minimeras vid datortomografiundersökningar kan leda till att den totala stråldosen till befolkningen reduceras. Detta bidrar till en hållbar utveckling då risken för stokastiska och deterministiska skador minimeras. Forskning inom problemområdet är i dagsläget huvudsakligen inriktad på tekniken och inte på omhändertagandet av patienten. Vidare forskning bör bedrivas huruvida omhändertagande och bemötande av patienten kan inverka på stråldosen i samband med datortomografiundersökningar.

REFERENSER

1. Aspelin P, Petterson H. Radiologi. Lund: Studentlitteratur 2008.
2. Bontrager KL, Lampignano JP. Textbook of radiographic positioning and related anatomy. 7.ed. St. Louis, Mo: Elsevier Mosby; 2010.
3. Isaksson M. Grundläggande strålningsfysik. Lund: Studentlitteratur; 2011.
4. Cederblad Å. Teknik, fysik och strålsäkerhet i röntgendiagnostik. Medicinsk Fysik och Teknik. Göteborg: Sahlgrenska Universitetssjukhuset 2010.
5. McCollough CH. CT dose: how to measure, how to reduce. Health Physics. 2008;95(5):508-517.
6. Elding LI. Nationalencyklopedin. [homepage on the Internet]. 2013 [cited 2013 Feb 2]. Available from: <http://www.ne.se/lang/vismut>
7. Valentin J. International Commission on Radiological Protection, [serial on the Internet]. 2007 [cited 2013 Jan 28]. Available from: [http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37\(2-4\)-Free_extract.pdf](http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37(2-4)-Free_extract.pdf)
8. Lagar och förordningar, [homepage on the Internet]. 2012 [cited 2013 Feb 12]. Available from: <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Lagar-forfattningar/Lagar--forordningar/>
9. Strålskyddslagen (1988:220). [homepage on the Internet]. 2010 [cited 2013 Jan 26]. Available from: <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19880220.htm>
10. Svensk författningssamling, [homepage on the Internet]. 2010 [cited 2013 Jan 26]. Available from: http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Patientsakerhetslag-2010659_sfs-2010-659/#K3
11. Socialstyrelsen, [homepage on the Internet]. 2005 Available from: http://www.socialstyrelsen.se/sosfs/2005-12/documents/2005_12.pdf
12. Yrkesetikskod, [homepage on the Internet]. No date [cited 2013 Jan 27]. Available from: <http://www.swedrad.com/images/stories/yrkesetikskod/Yrkesetikskodsvensk.pdf>



13. Kompetensbeskrivning, [homepage on the Internet]. No date [cited 2013 Jan 27]. Available from:
http://www.swedrad.com/images/stories/kompetensbeskrivning/kompetensbeskrivning_2012_02_20.pdf
14. Andersson BT, Fridlund B, Elgán C, Axelsson ÅB. Radiographers' areas of professional competence related to good nursing care. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*. 2008;22(3):401-409.
15. Magnusson A. Vårdförbundet, [homepage on the Internet]. 2013 [cited 2013 Mar 10]. Available from: <https://vardforbundet.se/Min-profession/Rontgensjukskoterska/Att-arbeta-som-rontgensjukskoterska/>
16. Nationalencyklopedin. [homepage on the Internet]. 2013 [cited 2013 Jan 31]. Available from: <http://www.ne.se/lang/s%C3%A4kerhet/322447>
17. Patientsäkerhet. [homepage on the Internet]. 2011 [cited 2013 Feb 22]. Available from: <http://www.socialstyrelsen.se/patientsakerhet>
18. Fossum B. Kommunikation – samtal och bemötande i vården. 1:a Uppl. Lund: Studentlitteratur; 2007.
19. Eide H, Eide T. Omvårdnadsorienterad kommunikation relationsetik, samarbete och konfliktlösning. 2. Uppl. Lund: Studentlitteratur; 2009.
20. Hermeren G, Holte R. Nationalencyklopedin, [homepage on the Internet]. 2013 [cited 2013 Jan 30]. Available from: <http://www.ne.se/lang/etik>
21. Kalkas H. Omvårdnadsetikens grunder. 3. Uppl. Stockholm: Liber; 1999.
22. Strålsäkerhetsmyndigheten, [homepage on the Internet]. 2011 [cited 2013 Feb 7]. Available from: <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Om-myndigheten/Tema-stralsakerhet/Stralsakert/Artiklar/Datortomografi-staller-hoga-krav-pa-varden/>
23. Friberg F. Dags för uppsats- vägledning för litteraturbaserade examens arbete. Lund: Studentlitteratur 2006.
24. Willman A, Stoltz P & Bahtsevani C. Evidensbaserad omvårdnad - en bro mellan forskning och klinisk verksamhet. Lund: Studentlitteratur; 2006.
25. Olsson H, Sörensen S. Forskningsprocessen. 3. Uppl. Stockholm: Liber; 2011.
26. Nyberg R. Skriv vetenskapliga uppsatser och avhandlingar med stöd av IT och Internet. 4. Uppl. Lund: Studentlitteratur; 2000.

27. Zarb F, Rainford L, Mcentee M. Developing optimized CT scan protocols: Phantom measurements of image quality. *Radiography*. 2011;17:109-114.
28. Kalra MK, Dang P, Singh S, Saini S, Shepard JAO. In-Plane Shielding for CT: Effect of Off-Centering, Automatic Exposure Control and Shield-to-Surface Distance. *Korean Journal of Radiology*. 2009;10:156-163.
29. Antypas EJ, Sokhandon F, Farah M, Emerson S, Bis KG, Tien H, et al. A Comprehensive Approach to CT Radiation Dose Reduction: One Institution's Experience. *American Journal of Roentgenology*. 2011;197:935-940
30. Kalra MK, Prasad S, Saini S, Blake MA, Varghese J, Halpern EF, et al. Clinical Comparison of standard-Dose and 50 % Reduced-Dose Abdominal CT: Effect on Image Quality. *American Journal of Roentgenology*. 2002;179:1101-1106
31. Li J, Udayasankar UK, Toth TL, Seamans J, Small WC, Kalra MK. Automatic Patient Centering for MDCT: Effect on Radiation Dose. *American Journal of Roentgenology*. 2007;188:547-552.
32. Prakash P, Kalra MK, Gilman MD, Shepard JAO, Digumarthy SR. Is Weight-Based Adjustment of Automatic Exposure Control Necessary for the Reduction of Chest CT Radiation Dose? *Korean Journal of Radiology*. 2010;11:46-53.
33. Lee K, Lee W, Lee J, Lee B, Oh G. Dose reduction and image quality assessment in MDCT using AEC (D-DOM & Z-DOM) and in-plane bismuth shielding. *Radiation Protection Dosimetry*. 2010;141(2):162-167.
34. Duan X, Wang J, Christner JA, Leng S, Grant LK, McCollough HC. Dose Reduction to Anterior Surfaces With Organ-Based Tube-Current Modulation: Evaluation of Performance in a Phantom Study. *American Journal of Roentgenology*. 2011;197:689-695.
35. Mulkens MD, Bellinck P, Baeyaert M, Ghysen D, Mussen E, Van Dijck X, et al. Use of an Automatic Exposure Control Mechanism for Dose Optimization in multi-Detector Row CT Examinations: Clinical Evaluation. *Radiology*. 2005;237:213-223.
36. Wang J, Duan X, Christner JA, Leng S, Grant KL, McCollough CH. Bismuth shielding, organ based tube current modulation and global reduction of tube current for dose reduction to the eye at head CT. *Radiology*. 2012;262(1):191-198.
37. Richards PJ, George J, Metelko M, Brown M. Spine Computed Tomography Doses and Cancer Induction. *Spine* 2010;35(4), 430-433

38. Aldrich JE, Chang SD, Bilawich AM, Mayo JR. Radiation Dose in Abdominal Computed Tomography: The Role of Patient Size and the Selection of Tube Current. *Canadian Association of Radiologists Journal*. 2006;57(3):152-158.
39. Wilting JE, Zwartkruis A, Van Leeuwen MS, Timmer J, Kamphuis AGA, Feldberg M. A rational approach to dose reduction in CT: individualized scan protocols. *Eur.radiol*. 2001;11:2627-2632.
40. Catuzzo P, Aimonetto S, Fanelli G, Marchisio P, Meloni T, Mistretta L, et al. Dose reduction in multislice CT by means of bismuth shields: results of in vivo measurements and computed evaluation. *Eur Radiol*. 2010;115:152-169.
41. Chang KH, Lee W, Choo DM, Lee CS, Kim Y. Dose reduction in CT using bismuth shielding: measurements and monte carlo simulations. *Radiation Protection Dosimetry*. 2010;138(4):382-388.
42. Geleijns J, Artells MS, Veldkamp WJH, Tortosa ML, Cantera AC. Quantitative assessment of selective in-plane shielding of tissues in computed tomography through evaluation of absorbed dose and image quality. *Eur Radiol*. 2006;16(10):2334-2340.
43. Grobe H, Sommer M, Koch A, Hietschold V, Henniger J, Abolmaali N. Dose reduction in computed tomography: the effect of eye and testicle shielding on radiation dose measured in patients with beryllium oxide-based optically stimulated luminescence dosimetry. *Eur Radiol*. 2009;19(5):1156-1160.
44. Hohl C, Mahnken AH, Klotz E, Das M, Muhlenbruch G, Schmidt T, et al. Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: the effectiveness of a lead shield. *American Journal of Roentgenology*. 2005;184:128-13

BILAGOR

BILAGA 1 SÖKHISTORIK

Datum	Databas	Sökord	Begränsningar	Träffar	Granskade	Använda ref.
130121	PubMed	CT+radiation dose reduction	2000-2013+ Engelska	172		
130121	PubMed	CT+radiation dose reduction+ protection	2000-2013+ Engelska	46	2	(Antypas et al. 2011)
130121	Cinahl	CT+dose reduction	Peer reviewed+ research article+2000-2013+Engelska	21	2	(Zarb et al. 2010), (Aldrich et al. 2006)
130208	PubMed	CT+dose reduction	2000-2013+ Engelska	261		
130208	PubMed	CT+dose reduction+ exposure	2000-2013+ Engelska	73	5	(Mulkens et al. 2005), (Grube et al. 2008), (Prakash et al. 2009), (Li et al. 2007)
130208	PudMed	CT+dose reduction+ shield	2000-2013+ Engelska	21	4	(Wang et al. 2012), (Geleijns et al. 2006), (Lee et al. 2010), (Catuzzo et al. 2010)
130208	PubMed	CT+dose reduction+ tube current modulation	2000-2013+ Engelska	71	1	(Duan et al. 2011)
130210	Cinahl	Computer tomography+radiation dose	Peer reviewed+research article+ 2000-2013+ Engelska	3	1	(Richards et al. 2009)
130215	PubMed	CT+radiation protection+shield	2000-2013+ Engelska	30	1	(Kalra et al. 2009)
130215	PubMed	Radiation dose reduction+gonad	2000-2013+ Engelska	2	1	(Hohl et al. 2005)
130215	PubMed	CT+dose reduction+bismuth shielding	2000-2013+ Engelska	15	1	(Chang et al. 2010)
130215	Manuell sökning	Artikel: Strategies for CT radiation dose optimization				Clinical comparison of standard dose and 50 % reduced dose abdominal CT. (Kalra et al. 2005)
130215	Manuell sökning	Artikel: CT dose reduction and dose management tools. Overview of available options				A rational approach to dose reductions in CT: individualized scan protocols. (Wilting et al. 2001)

BILAGA 2 GRANSKNINGSPROTOKOLL ENLIGT FRIBERG

Frågor vid granskning av kvantitativa studier

- Finns ett tydligt problem formulerat? Hur är detta i så fall formulerat och avgränsat?
- Finns teoretiska utgångspunkter beskrivna? Hur är dessa i så fall formulerade?
- Finns det någon omvårdnadsvetenskaplig teoribildning beskriven? Hur är denna i så fall beskriven?
- Vad är syftet? Är det klart formulerat?
- Hur är metoden beskriven?
- Hur har urvalet gjorts (t.ex. antal personer, ålder, inklusions- respektive exklusionskriterier)?
- Hur har data analyserats? Vilka statistiska metoder användes? Var dessa adekvata?
- Hänger metod och teoretiska utgångspunkter ihop? I så fall hur?
- Vad visar resultatet?
- Vilka argument förs fram?
- Förs några etiska resonemang?
- Finns det en metoddiskussion? Hur diskuteras i så fall metoden?
- Sker en återkoppling till teoretiska antaganden, t.ex. omvårdnadsvetenskapliga antaganden?

BILAGA 3 GRANSKNINGSPROTOKOLL ENLIGT WILLIAM OCH STOLTZ

Frågor vid granskning av kvantitativa studier

- Vad avsåg studien att studera?
- Urvalsförfarandet beskrivet?
- Representativt urval?
- Randomiseringsförfarande beskrivet?
- Likvärdiga grupper vid start?
- Analyserade i den grupp som de randomiserades till?
- Blindning av patienter?
- Blindning av vårdare?
- Blindning av forskare?
- Bortfallsanalysen beskriven?
- Bortfallsstorleken beskriven?
- Adekvat statistisk metod?
- Etiskt resonemang?
- Hur tillförlitligt är resultatet?
- Är instrumenten valida?
- Är instrumenten reliabla?
- Är resultatet generaliserbart?

BILAGA 4 ANALYSERAD LITTERATUR

Ref.nr: 27

Författare: Zarb F, Rainford L, Mcentee M.

År: 2011

Titel: Developing optimized CT scan protocols: Phantom measurements of image quality

Tidskrift: Radiography

Land: Malta

Syfte: Att optimera scanningsparametrarna mA, kV och pitch och samtidigt behålla en god bildkvalitet och reducera stråldosen till patienten.

Urval: Studie utförd på fantom.

Metod: Aktuella scanningsprotokoll användes över huvud, buk och thorax för att avbilda Catphan 600 fantom för att bedöma bildkvalitet. Varje exponeringsparameter mA, kV och pitch var systematiskt reducerade tills kontrastupplösningen (CR), spatialupplösningen (SR) och brus blev signifikant sänkta.

Resultat: Optimering av exponeringsparametrarna mA, kV och pitch reducerade både CTDI och DLP signifikant, 0-51% ($p \leq 0,001$). Optimeringen bidrog dock med att både kontrasten och bruset i bilden ökade markant, den spatiella upplösningen var oförändrad.

Antal referenser: 50

Ref.nr: 28

Författare: Kalra MK, Dang P, Singh S, Saini S, Shepard JAO.

År: 2009

Titel: In-Plane Shielding for CT: Effect of Off-Centering, Automatic Exposure Control and Shield-to-Surface Distance

Tidskrift: Korean Journal of Radiology

Land: USA

Syfte: Att ta reda på effekten av felcentrering, exponeringsautomatik och vädning gällande attenueringsvärden, brus och stråldos vid användning av vismutskydd.

Urval: Studie utförd på fantom

Metod: Fantomet undersöktes med vismutskyddet placerat direkt på och med vadderat mellanrum 1,2 och 6 cm. Fantomet undersöktes också med kombinerad modulering och felcentrering på 2,4 och 6 cm under gantrys isocenter. CT-nummer, brus och ytlig stråldos registrerades och analyserades.

Resultat: Studien visar att strålskyddet väsentligt minskar stråldosen. Dock är vismutskyddet associerat med ökat brus i bilden, ökade artefaktattenueringsvärden och streckartefakter. Skyddet reducerar stråldosen oavsett hur stor felcentreringen är ($p < 0,0001$). Exponeringsautomatiken ökade inte stråldosen när skyddet användes. Direktkontakt mellan skyddet och huden bör alltid undvikas.

Referenser: 13

Ref.nr: 29

Författare: Antypas EJ, Sokhandon F, Farah M, Emerson S, Bis KG, Tien H, Mezwa D.

År: 2011

Titel: A Comprehensive Approach to CT Radiation Dose Reduction: One Institution's Experience

Tidskrift: American Journal of Roentgenology

Land: USA

Syfte: Att ta fram systematiska metoder för att kunna reducera stråldosen vid CT undersökningar.

Urval: En kommitté bestående av två fysiker, fyra radiologer, två CT tekniker och en dataexpert.

Metod: Kommittén utformade metoder för att undvika onödiga CT undersökningar, minimera scanlängden, minimera antalet körfaser och granska varje remiss på deras institution. Stråldos och kvalitetskontroll för scanprotokoll var också undersökta av sjukhusfysiker genom användning av fantom. Sammanlagt genomfördes 40-60 försök där en parameter ändrades vid varje försök och bildkvaliteten granskades därefter av en oberoende radiolog.

Resultat: För att reducera stråldosen vid CT undersökningar och därmed förbättra patientsäkerheten kan

följande tekniker användas: undvika onödiga undersökningar; individuella scan parametrar, strålskydd och datorbaserad mAs justering.

Antal referenser: 20

Ref.nr: 30

Författare: Kalra ML, Prasad S, Saini S, Blake MA, Varghese J, Halpern EF, Rhea J, Thrall JH.

År: 2002

Titel: Clinical Comparison of standard-Dose and 50 % Reduced-Dose Abdominal CT: Effect on Image Quality

Tidskrift: American Journal of Roentgenology

Land: USA

Syfte: Att undersöka om stråldosen för datortomografiundersökning av buken kan reduceras genom att justera dosen för patientens vikt och diameter, utan att påverka den diagnostiska bildkvaliteten.

Urval: I studien inkluderades 39 patienter som var 65 år och äldre och med en historia av cancer.

Metod: Prospektiv studie där standarddoser vid datortomografiundersökningar av buken jämfördes med en 50 % reduktion av dosen. Två oberoende och för studien blinda radiologer granskade därefter bildkvaliteten och bedömde dess diagnostiska förmåga på en skala 1-5. Bildkvaliteten för standarddosen och den reducerade dosen korrelerades med patientens vikt och nyligen specificerad tvärsnittsarea av buken.

Resultat: Bildkvaliteten var högre då standarddoserna för datortomografiundersökning av buken användes. Ingen signifikant skillnad i bildkvalitet var däremot noterad då 50 % reduktion av dosen för patienter under 81 kg ($p > 0,05$) med en diameter mindre än 34,5 cm användes.

Antal referenser: 23

Ref.nr: 31

Författare: Li J, Udayasankar UK, Toth TL, Seamans J, Small WC, Kalra MK.

År: 2007

Titel: Automatic Patient Centering for MDCT: Effect on Radiation Dose

Tidskrift: American Journal of Roentgenology

Land: USA

Syfte: Att bestämma effekten av automatisk patientcenteringsteknik vad gäller stråldos relaterad till datortomografi.

Urval: Studie utförd på fantom och med 63 patienter som genomgick en datortomografiundersökning av thorax eller buk.

Metod: För att beräkna effekten av felcentrering i gantryts isocenter vad gäller stråldos gjordes först en fantomstudie. Fantomet undersöktes två gånger, först 30 mm under isocenter och sedan 6 mm under isocenter. Absorberad stråldos registrerades av jonisationskammare i fantomet. En automatisk patientcenteringsteknik togs fram för att hjälpa röntgensjuksköterskan att korrekt centrera patienten i gantryt. 63 patienter centerades vardera i gantryt av röntgensjuksköterskan och två översiktsbilder togs. Utefter dessa bilder kunde sedan patientcenteringsmjukvaran räkna ut och informera om rätt centrering av patienten i gantryt. Patienten centerades sedan efter den givna informationen innan hela undersökningen genomfördes.

Resultat: Nästan 95 % av patienterna var inte rätt positionerade i gantryts isocenter. Perifer och yttlig CTDI ökade med 12-18 % vid en felcentrering på 30 mm och 41-49 % vid 60 mm felcentrering. Yttlig stråldos kan reduceras om röntgensjuksköterskan bättre kan centrera patienten i gantryt. Automatisk centeringsteknik kan hjälpa till att optimera patientcenteringen och resultera i så mycket som 30 % reduktion av den yttliga stråldosen.

Antal referenser: 8

Ref.nr: 32

Författare: Prakash P, Kalra MK, Gilman MD, Shepard JAO, Digumarthy SR.

År: 2010

Titel: Is Weight-Based Adjustment of Automatic Exposure Control Necessary for the Reduction of Chest CT Radiation Dose?

Tidskrift: Korean Journal of Radiology

Land: USA

Syfte: Att bedöma effekten av dosreduktionen vid datortomografiundersökning av thorax genom användning av en viktbaserad justering av exponeringsautomatiken (AEC).

Urval: I studien inkluderades 117 patienter.

Metod: 60 patienter genomgick thoraxundersökningen med viktjusterad exponeringsautomatik medan 57 patienter med matchande vikt genomgick undersökningen utan viktjusterad exponeringsautomatik. Effektiv dos uppskattades och brusnivån utvärderades.

Resultat: Den viktbaserade exponeringsautomatiken resulterade i en minskning på 29 % i $CTDI_{vol}$ och en dosreduktion av den effektiva dosen på 27 % ($p < 0,0001$). Studien visar att exponeringstekniken bör anpassas efter patientens vikt, då patienter utsätts för 17-43 % högre stråldos om viktjustering inte används vid datortomografiundersökning av thorax. Ingen signifikant skillnad i bildbruset mellan de olika metoderna kunde ses.

Antal referenser: 13

Ref.nr: 33

Författare: Lee K, Lee W, Lee J, Lee B, Oh G.

År: 2010

Titel: Dose reduction and image quality assessment in MDCT using AEC (D-DOM & Z-DOM) and in-plane bismuth shielding

Tidskrift: Radiation Protection Dosimetry

Land: Korea

Syfte: Att utvärdera och jämföra dosreduktion och bildkvalitet vid datortomografi för olika dosreduktionstekniker.

Urval: Studie utförd på ett fantom.

Metod: Ögon-, sköldkörtel- och bröststråldos registrerades av en dosimeter. Fantomet undersöktes fem gånger i rad för varje metod och den genomsnittliga dosreduktionen användes som mätresultat.

Resultat: Både exponeringsautomatik (AEC) och vismutskydd minskade stråldosen effektivast, dvs den kombinerade metoden reducerade stråldosen mer än AEC och strålskydd var för sig. För att effektivt minska dosen utan försämring av bildkvaliteten bör strålskyddet placeras 1 cm från patienten med exponeringsautomatik.

Antal referenser: 12

Ref.nr: 34

Författare: Duan X, Wang J, Christner JA, Leng S, Grant LK, McCollough HC.

År: 2011

Titel: Dose Reduction to Anterior Surfaces With Organ-Based Tube-Current Modulation: Evaluation of Performance in a Phantom Study

Tidskrift: American Journal of Roentgenology

Land: USA

Syfte: Att i fantom utvärdera dosreduktionen till den främre kroppsytan och bildkvaliteten med organbaserad rörströmsmodulering vid datortomografiundersökningar av huvud och thorax.

Urval: Studie utförd på fantom

Metod: Organbaserad rörströmsmodulering syftar till att reducera stråldosen till de ytliga strålkänsliga organen (ögats lins, sköldkörtel, bröst) genom att minska rörströmmen när röntgenröret passerar närmast dessa känsliga organ. Tre olika fantom användes och stråldosen registrerades med hjälp av jonisationskammare. Stråldos och bildkvalitet utvärderades på fantom med och utan organbaserad rörströmsmodulering.

Resultat: Organbaserad rörströmsmodulering kan reducera stråldosen till den främre hudytan på patienten utan att öka bildbruset genom att proportionellt öka stråldosen till den bakre hudytan. Bildbruset hade ingen signifikant skillnad då organbaserad rörströmsmodulering användes ($p=0,85$).

Antal referenser: 26

Ref.nr: 35

Författare: Mulkens MD, Bellinck P, Baeyaert M, Ghysen D, Mussen E, Van Dijck X, Venstermans C, Termote JL.

År: 2005

Titel: Use of an Automatic Exposure Control Mechanism for Dose Optimization in multi-Detector Row CT Examinations: Clinical Evaluation

Tidskrift: Radiology

Land: Belgien

Syfte: Att jämföra dosreduktion och bildkvalitet med exponeringsautomatik som baseras på rörströmsmodulering i både (x-y-led) och z-led.

Urval: Två grupper med 200 patienter i varje. Ålder var mellan 18-92 år. Urvalet i grupperna var likvärdiga varandra.

Metod: En prospektiv jämförande studie mellan två olika typer av rörströmsmodulering som används vid CT undersökningar. Data från den ena gruppens resultat i x-y-led jämfördes med rörströmsmodulering i den andra gruppens z-led.

Resultat: Stråldosreduktionen för x-y-led och z-led rörströmsmodulering var för lungor 20 resp. 14 %; buk 38 resp. 18 %; bäcken 32 resp. 26 %; ländrygg 37 resp. 10% och brösttrygg 68 resp. 16 %. Dessa olikheter var statistiskt signifikant ($p < 0,05$). En exponeringsautomatik som är baserad på både x-y och z-led rörströmsmodulering levererar god bildkvalitet med en signifikant reducerad stråldos.

Antal referenser: 26

Ref.nr: 36

Författare: Wang J, Duan X, Christner JA, Leng S, Grant KL, McCollough CH.

År: 2012

Titel: Bismuth shielding, organ based tube current modulation and global reduction of tube current for dose reduction to the eye at head CT.

Tidskrift: Radiology

Land: USA

Syfte: Att kontrollera bildkvalitetens inverkan vid olika strålreducerande metoder: vismutskydd, rörströmsmodulering och minskning av rörströmmen.

Urval: Studien utförd på fantom.

Metod: Fantomet undersöktes enligt sex olika metoder: 1. utan någon användning av teknisk dosreduktion, 2. med ett vismutskydd för ögonen, 3. med rörströmsmodulering, 4. med reducerad rörström, 5. med dubbla skikt av vismutskydd för ögonen, 6. med rörströmsmodulering och ett vismutskydd för ögonen.

Resultat: Effekten av vismutskyddet förbättrades när avståndet mellan strålskyddet och ögonlinsen ökade (0, 2, 3, och 4 cm). Bästa resultatet av dosreduktion 47 % ($p < 0,05$) erhöles av kombinerad rörströmsmodulering och ett vismutskydd för ögonen. Vid övriga metoder varierade dosreduktionen mellan 26-30 % ($p < 0,05$).

Antal referenser: 27

Ref.nr: 37

Författare: Richards PJ, George J, Metelko M, Brown M.

År: 2010

Titel: Spine Computed Tomography Doses and Cancer Induction

Tidskrift: Spine

Land: England

Syfte: Att ta reda på olika stråldoser vid datortomografiundersökning av ryggraden och dess relativa risker att framkalla cancer.

Urval: Studie utförd på fantom.

Metod: Mätning av varje dos gjordes med hjälp av att kartlägga anatomiska strukturer av ryggraden på matematiska fantom som används vid Monte Carlo simulering. Rutinprotokoll användes med korrigeringar för att återspegla stråldosvariationen längs med ryggraden.

Resultat: Risken för utvecklande av cancer i samband med datortomografiundersökning av ländrygg var ungefär 1 av 3200, vilket var mycket mindre än när hela ryggraden undersöktes. Detta beror på att ländryggen utgör ett mindre bestrålat område, och därför inducerar mindre stråldos.

Antal referenser: 34

Ref.nr: 38

Författare: Aldrich JE, Chang SD, Bilawich AM, Mayo JR.

År: 2006

Titel: Radiation Dose in Abdominal Computed Tomography: The Role of Patient Size and the Selection of Tube Current

Tidskrift: Canadian Association of Radiologists Journal

Land: Kanada

Syfte: Att ta fram en algoritm för att välja rörström vid datortomografiundersökningar av buken baserad på patientens vikt och som erhåller samma bildkvalitet till acceptabel stråldos

Urval: I studien inkluderades 37 patienter som genomgick datortomografiundersökning av buken.

Metod: Kroppsvikt och stråldos registrerades för 37 patienter. En förutsägande ekvation togs fram för att veta vilken rörström som skall användas för olika kroppsstorlekar för att producera bilder till utsatt brusnivå. Uträkningar gjordes över vilken uppskattad dosreduktion det blev med den nya rörströmstekniken.

Resultat: För att producera datortomografibilder med liknande kvalitet kan en enkel förutsägande ekvation tas fram för alla datortomografiapparater för att optimera stråldosen till patienter av olika kroppsstorlekar.

Antal referenser: 16

Ref.nr: 39

Författare: Wilting JE, Zwartkruis A, Van Leeuwen MS, Timmer J, Kamphuis AGA, Feldberg M.

År: 2001

Titel: A rational approach to dose reduction in CT: individualized scan protocols.

Tidskrift: European radiology

Land: Holland

Syfte: Demonstrera att stråldosreduktion och konstant bildkvalitet kan åstadkommas genom att justera stråldosen efter patientens storlek.

Urval: I studien deltog 41 patienter i åldrarna 25-75 år.

Metod: 19 patienter undersöktes först med minskad dos. Bruset i bilderna mättes och fyra radiologer granskade bildkvaliteten. Sedan undersöktes 22 patienter med stråldosen reducerad efter deras storlek. Dosreduktionen vid detta intervall jämfördes och kalkylerades med standarddosen.

Resultat: Jämfört med standarddoserna så var stråldosen reducerad till 28 procent då den var anpassad efter patientens storlek. Bland 19 av de 22 patienterna som undersöktes på detta sätt minskade stråldosen. Stråldosreduktion och konstant bildkvalitet kan åstadkommas då stråldosen är anpassad efter patientens storlek.

Antal referenser: 15

Ref.nr: 40

Författare: Catuzzo P, Aimonetto S, Fanelli G, Marchisio P, Meloni T, Mistretta L, Pasquino M, Richetta E, Tofani S.

År: 2010

Titel: Dose reduction in multislice CT by means of bismuth shields: result of in vivo measurements and computed evaluation

Tidskrift: La radiologia medica

Land: Italien

Syfte: Att undersöka hur bildkvaliteten påverkas när vismutskydd används för dosreducering av ögats lins, sköldkörteln och bröst vid datortomografi.

Urval: Studie utförd på fantom och patienter. I studien deltog 23 patienter varav 14 patienter ingick i bröststudien, 6 patienter medverkade i sköldkörtelstudien och 3 patienter i ögonstudien.

Metod: I fantomstudien utfördes undersökningen med och utan vismutskydd för att mäta dess dämpningsfaktor och därmed stråldosreduktionen. I fantomet var dosimetrar utplacerade för att mäta stråldosen. I fantomstudien placerades strålskyddet över fantomet efter att översiktscouten hade tagits. I patientstudien var vismutskyddet enbart placerat på den vänstra sidan av aktuellt undersökningsområde och strålskyddet placerades efter att översiktscouten hade tagits.

Vismutstrålskyddet bestod av bly omgivet av latex. Fyra lager skyddsplattor användes som strålskydd där varje lager motsvarade 0,015 mm bly. Mellan huden och strålskyddsplattorna placerades ett speciellt underlag, för att minimera artefakter.

Resultat: Studien visade att vid användning av vismutskydd erhålls en bättre bildkvalitet än att justera exponeringsparametrarna.

Antal referenser: 18

Ref.nr: 41

Författare: Chang KH, Lee W, Choo DM, Lee CS, Kim Y.

År: 2010

Titel: Dose reduction in CT using bismuth shielding: measurements and monte carlo simulations

Tidskrift: Radiation Protection Dosimetry

Land: Korea

Syfte: Att utvärdera den potentiella dosreduktionen av vismutskydd vid datortomografiundersökningar.

Urval: Studie utförd på fantom

Metod: Stråldosen mättes med hjälp av jonisationskammare i fem olika punkter i fantomet, både med och utan vismutskydd. Med hjälp av direkta mätningar och kalkyleringar enligt metoden Monte Carlo utvärderades den potentiella stråldosreduktionen av vismutskyddet.

Resultat: Studien visade att strålskydd effektivt reducerar onödig stråldos vid datortomografiundersökningar. Med rätt avstånd mellan känsligt organ och strålskydd kan stråldosen signifikant reduceras utan att försämra bildkvaliteten. Vismut och blyskydd visar liknande resultat som strålskyddsmaterial.

Antal referenser: 15

Ref.nr: 42

Författare: Geleijns J, Artells MS, Veldkamp WJH, Tortosa ML, Cantera AC.

År: 2006

Titel: Quantitative assessment of selective in-plane shielding of tissues in computed tomography through evaluation of absorbed dose and image quality

Tidskrift: European radiology

Land: Spanien

Syfte: Att undersöka hur bildkvaliteten påverkas av reducerad stråldos och strålskydd.

Urval: Studie utförd på fantom.

Metod: Vismutskydd anpassat för olika organ användes. Dosimetrar för att mäta strålning var utplacerade på fantomet.

Resultat: Bildresultatet försämrades med vismutskydd, vilket visade sig med ökat brus och artefakter. Eventuellt skulle en bättre metod vara att ändra exponeringsparametrarna kV och mAs.

Antal referenser: 19

Ref.nr: 43

Författare: Grobe H, Sommer M, Koch A, Hietschold V, Henninger J, Abolmaali N.

År: 2009

Titel: Dose reduction in computed tomography: the effect of eye and testicle shielding on radiation dose measured in patients with beryllium oxide-based optically stimulated luminescence dosimetry

Tidskrift: European radiology

Land: Tyskland

Syfte: Att bedöma strålskyddens förmåga att reducera stråldos till ögats lins och testiklar för patienter som genomgår datortomografiundersökningar.

Urval: I studien deltog 51 manliga patienter mellan 54-76 år.

Metod: Patienterna genomgick datortomografiundersökning två gånger med och utan strålskydd.

Stråldoser till ögats lins och testiklarna registrerades med en dosimeter.

Resultat: Strålskydd till ögats lins och testiklarna medförde strålreducering. Vid användning av strålskydd till ögats lins uppnåddes en strålreducering på 28,2 % ($p = 8 \cdot 10^{-10}$), medan vid användning av strålskydd till testiklarna uppmättes en strålreducering på 96,2% ($p = 10^{-10}$).

Antal referenser: 17

Ref.nr: 44

Författare: Hohl C, Mahnken AH, Klotz E, Das M, Muhlenbruch G, Schmidt T, Gunther RW, Wildberger JE.

År: 2005

Titel: Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: the effectiveness of a lead shield

Tidskrift: American Journal of Roentgenology

Land: Tyskland

Syfte: Att mäta hur effektivt gonadskydd (testikelskydd) är när det utsätts för strålning under en rutinmässig datortomografiundersökning av buk och bäcken.

Urval: I studien deltog 66 patienter, varav 34 patienter undersöktes med gonadskydd och 32 patienter utan gonadskydd.

Metod: Den uppskattade administrerade dosen till testiklarna mättes med en dosimeter. Hänsyn togs till varje patients kroppsvikt och body mass index (BMI). Området som undersöktes var individuellt anpassat, med början ovanför diafragman och slutade vid den nedre kanten av symfyssen. Gonadskyddet bestod av en blykapsel med 1-mm bly avskärmning. Efter att översiktsskivan tagits, fästes en dosimeter med tejp på pungen så nära som möjligt en av testiklarna. Gonaderna utsattes inte för direkt bestrålning under undersökningen.

Resultat: Användning av gonadskydd med 1 mm blyskärm reducerade stråldosen från 2,4 mSv – 0,32 mSv, d.v.s. minskning med 87 % ($p < 0,0001$). Bildkvaliteten försämrades inte (inga artefakter) vid användning av gonadskydd i samtliga undersökningar.

Antal referenser: 7