STRÅLEVERN I TILKNYTNING TIL BRUKEN AV CT

Hilde M. Olerud, Dr.ing.
Seksjonssjef, Dosimetri og medisinsk strålebruk, Statens strålevern
1. Amanuensis, Høgskolen i Oslo, Radiografutdanningen

Innledning

Dataassistert snitt- fotografering, bedre kjent som Computed tomografi (CT), har vært gjenstand for en rivende teknologisk utvikling, fra aksiale skannere på 80- tallet til dagens mangekanals spiralskannere med romlig oppløsning med mot 0.5 mm. Dette har gitt unike nye muligheter i diagnostikken, noe som også har ført til en sterk økning i bruken av CT. På verdensbasis er det i dag 34 000 CT skannere, hvorav 79 % i industrialiserte land (health care level 1) [1]. CT er et uvurderlig hjelpemiddel i helsevesenet, men fører også til relativt høyere stråledoser til pasient sammenlignet med vanlig planar røntgenavbildning. Totalt sett bidrar CT i dag til nær 60% av samlet befolkningsdose fra røntgendiagnostisk virksomhet i Norge. Dette er grunnen til at bruken av CT er gitt et spesielt fokus i strålevernssammenheng, både med hensyn til berettigelse, optimalisering og dosebegrensning. Enkelte nye bruksområder for CT har også gitt utfordringer med hensyn til strålevern av personalet som det må tas hensyn til ved fokus på arbeidsteknikk og bedre bygningsmessig avskjerming.

Lover og forskrifter

Den gamle ”Røntgenloven” av 1938 er nå erstattet av ”Lov om strålevern og bruk av stråling” av 12. mai 2000 [2], som kan finnes på www.lovdata.no. Den nye loven tar opp i seg elementer fra den gamle atomenergilovgivningen, og er utvidet til også å omfatte miljøvernaspekter. Den er moderne ved at den regulerer bruk av både ioniserende og ikke-ioniserende strålekilder, og er fokusert på det overordede prinsippet om ”forsvarlighet”. Loven inneholder dessuten et eget kapittel om medisinsk strålebruk, som gir mulighet for å hjemle ytterligere krav om internkontroll og kompetanse hos brukere av strålekilder. Helse- og omsorgsdepartementet (HOD) er instansen som vedtar nye forskrifter hjemlet til denne loven. Statens strålevern er ikke gitt forskriftsmyndighet, men forbereder i kraft av sin fagkompetanse tekst for HOD. Ny forskrift om strålevern og bruk av stråling av 21. november 2003 trådte i kraft 1.01 2004. Den lister opp typer av virksomheter som trenger godkjenning, og introduserer en forenklet meldeordning for ulike typer av strålekilder. Forskriften stiller krav til kompetanse for ulike brukere, og har for eksempel et krav om at virksomheten må utpeke strålevernsansvarlig. Den regulerer yrkesmessig eksponering, introduserer krav til merking og klassifisering av arbeidsplasser, skjerming og sikkerhetskrav, og stiller krav til persondosimetri. Kapittel VII Medisinsk strålebruk er dedikert pasienten, med fokus på berettigelse og optimalisert medisinsk strålebruk. Forskriften innebærer et økt fokus på utvikling av metoder og protokoller, informasjon og kunnskap om doser, og hvordan doser kan måles og etter hvert utgjøre en del av pasientens journal. Forskriften erstatter de gamle forskriftene; i) Forskrift av 23. januar 1976 om tilsyn med og bruk av anlegg, apparater, materiell og stoffer som avgir ioniserende eller annen helsefarlig stråling, og ii) Forskrift av 2. november 1979 om rett til å bruke røntgenapparat i medisinsk øyemed. Den nye forskriften stiller noen overordnede krav, men gir ikke detaljerte oppskrifter for hvordan brukerne av strålekilder skal innrette seg for ivaretagelsen av et godt strålevern. Det er derfor utferdiget utfyllende veiledninger fra Strålevernet, bl.a. Veileder 5 om medisinsk bruk av røntgen og MR, som kan lastes ned fra strålevernets hjemmeside www.stralevernet.no. Fra 1.01. 2004 ble for øvrig strålevernslovgivningen gjort gjeldende for Internkontrollforskriften, noe som stiller krav til virksomhetene om å kunne dokumentere at det er etablert systemer som sikrer at regelverket på strålevernområdet etterleves. Metodene for tilsyn må utvikles i henhold til dette prinsippet, fra mer gammeldags apparatspesifikt tilsyn til systemtilsyn (revisjonsbasert).

Internasjonale føringer

I arbeidet med utferdigelse av ny forskrift har internasjonal harmonisering vært viktig. I så måte finnes to sentrale EU direktiver; populært kalt ”Basic safety standard” (96/29/Euratom), og ”Pasientdirektivet” (97/43/Euratom) [3, 4]. Euratom traktaten er ikke en del av EØS avtalen, hvilket betyr at Norge ikke er forpliktet i forhold til disse direktivene. I intensjon og innhold har EU direktivene vært førende for det norske forskriftsarbeidet, men vår forskrift har en lavere detaljeringsgrad sammenlignet med andre EU land, for eksempel Danmark og Sverige.

Strålevernet bygger ellers sin forvaltningspraksis på råd og anbefalinger utgitt av en rekke internasjonale organisasjoner. Den internasjonale strålevernsorganisasjonen, ICRP (the International Commission on Radiological Protection) ble dannet i 1928. Ettersom det vitenskapelige grunnlaget om biologiske effekter av stråling og bevisstheten rundt strålehygieniske spørsmål har økt, har ICRP utgitt en rekke rapporter og anbefalinger. De siste basis anbefalingene ble utgitt i 1990 [5], etterfulgt av en dedikert medisinsk bruk I 1996 [6]. ICRP’s strålevernsfilosofi er under stadig utvikling i tråd med at kunnskapen om stråling av strålevirkninger øker. Utkast til nye basis anbefalinger ble presentert på IRPA’s konferanse i Madrid i mai 2004 (the International Association on Radiological Protection), men er foreløpig lagt på is. ICRP arbeider for øvrig i nær tilknytning til søsterorganisasjonen ICRU (the International Commission on Radiation Units and Measurements), og har offisielle bånd til WHO (the World Health Organisation), og IAEA (the International Atomic Energy Agency). ICRP samarbeider også med organisasjoner tilknyttet FN systemet, som UNSCEAR (the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), og IRPA (the International Radiation Protection Association). Standardiseringsorganisasjonene ISO (the International Standardisation Organisation) og IEC (the International Electrotechnical Commission) har publisert internasjonale standarder og anbefalinger knyttet til strålemedisinske utstyr. Mange av disse er adoptert av henholdsvis CEN (the European Committee for Standardisation) og CENELEC (the European Committee for Electrotechnical Standardisation).

Bruken av CT i Norge og stråledoser til pasient

Antall årlig utførte CT undersøkelser ble doblet hvert femte år i perioden 1983 – 1993 fra 50000 til 200000 [7]. Antall CT skannere lå i 1993 på 70, mens det nå er økt til omkring 125. Ny kartlegging er nå under publisering, etter at Strålevernet i tildelingsbrevet for 2004 fikk en bestilling på å gjøre en ”kritisk gjennomgang av røntgenbruken i samarbeid med andre helsemyndigheter”. KITH har vha Norsk Radiologforening gjennom flere år arbeidet med nytt kodesystem for røntgenundersøkelser, NORAKO [8]. Strålevernet har samlet inn informasjon fra sykehusenes radiologiske informasjonssystemer (RiS) basert på dette kodeverkets versjon av 1.1.2002, med siktemål å skaffe ny oversikt over undersøkelsesfrekvens. Måten å definere en CT undersøkelse eller prosedyre på er imidlertid endret gjennom årene og har variert mellom ulike sykehus. Måten sykehusene bruker kodeverket på viser seg også å være varierende, noe som introduserer feil og usikkerhet i tellingen. NORAKO redaksjonen arbeider stadig med videreutvikling av kodeverket slik at en pasientundersøkelse skal kunne defineres entydig (nødvendig for aktivitetsbeskrivelse) og at kodene samtidig skal kunne brukes til å beskrive kostnader forbundet med undersøkelsen.

Stråledose til pasient ved ulike typer av CT prosedyrer ble kartlagt på midten av 90 – tallet basert på spørreundersøkelser ved omkring 50 sykehus [9, 10]. Ut fra kjennskap til skanner leverandør og modell, og eksponeringsparametere (kV, mAs, snitt-tykkelse, bordbevegelse, antall snitt), kan en ved hjelp av dedikert programvare [11] for område av kroppen som ble skannet beregne effektiv dose [5]. Dosene for samme undersøkelsestype varierer mye mellom ulike sykehus, både på grunn av forskjeller mellom ulike skannere, og varierende protokoller.

Tabell 1 Effektiv dose for syv CT undersøkelser, basert på kartlegging av skannere og undersøkelsesteknikk ved 49 CT laboratorier i 1993

CT undersøkelse	E (mSv) landsmiddel	E (mSv) median	E (mSv) 3. kvartil	Max/Min ratio
Hode/hjerne	2,0	1,8	2,7	8,0
Thorax	11,5	10,0	15,5	19,5
Abdomen	12,8	9,9	17,2	13,3
Korsryggen	4,5	4,4	5,2	10,5
Lever	11,9	11,1	16,4	8,7
Nyre	9,9	10,1	14,4	19,7
Bekken	9,8	8,3	11,8	17,2

Det er også mulig å få ut opplysninger om stråledose til spesifikke organer og vev fra den programvaren Strålevernet benytter. For CT av bekken/nedre abdomen stråledose er gjennomsnittelig stråledose til uterus eller ovarier beregnet til 25 mGy, med en variasjon på 10 – 100 mGy (min – max) avhengig av skanner og eksponeringsparametere. Ved CT undersøkelser lengre opp på bålen er dosene til uterus eller ovarier langt lavere, henholdsvis <1 mGy (øvre abdomen) og < 0.01 mGy (thorax). Det er viktig å kjenne til dette i forbindelse med røntgenundersøkelser av kvinner i fertil alder, med tanke på mulig graviditet og stråledose til foster. Risikoen for senskader hos barn etter eksponering under svangerskapet er størst ved eksponering i første trimester og øker med stråledosen. CT undersøkelser av bekken og nedre abdomen må foretas under strengt blikk på indikasjonsstilling, og stråledosen må holdes så lav som overhode mulig ved spesiell vekt på optimalisering. Dersom en utilsiktet eksponerer en som er tidlig gravid, er Strålevernets syn at stråledoser til foster under 100 mGy ikke er noen indikasjon for abort.

Ved undersøkelser av hode/hjerne er det tilsvarende viktig å ha kjennskap til stråledose til øyelinsene. Ut fra kartleggingen i 1993 vet vi at dosene til øyelinsene ligger under 4 (1,1 – 9,4) mGy dersom en ved å tilte gantry legger strålefeltet parallelt med skall basis, slik at øyelinsene faller utenfor primærstrålefeltet. Dersom en derimot ikke vinkler gantry og øyelinsene dekkes av primærstrålefeltet øker linsedosene til over 80 (40 – 109) mGy. Dette må sammenlignes med ICRP's terskelverdier for utvikling av katarakt som er på 2 – 10 Gy. Mikroskopiske forandringer av øyelinsene etter eksponering med ioniserende stråling er imidlertid observert fra 500 mGy, og med tanke på repeterende CT undersøkelser av samme pasient er dette verd å merke seg.

Strålevern for pasient

Berettigelse i henhold til ICRP (1991): «No practice involving exposure to radiation should be adopted unless it produces sufficient benefit to the exposed individuals or to the society to offset the radiation detriment it causes». På godt norsk er dette prinsippet om berettigelse, og kravene til berettiget utøves på to nivåer. Først og fremst handler det om at hver enkelt pasient skal vurderes nøye med tanke på indikasjonsstilling. En røntgenundersøkelse skal bare utføres dersom utfallet av undersøkelsen får betydning for den videre behandlinga av pasienten. Ett annet nivå for vurdering er når virksomheter defineres i videre termer, som ved bruk av en undersøkelsestype eller modalitet kontra en annen, ved innføring av ny teknologi, nye screeningmetoder etc. "Riktig bruk av røntgen" har vært på agendaen i Europa lenge. Radiologforeningen i England, RCR (the Royal College of Radiologists) laget på tidlig 90 – tall en liten folder med navn «Making the best use of a department of radiology». Folderen inneholder en liste over medisinske spørsmålsstillinger med forslag til valg av videre utredning, og er i første hånd ment for allmennpraktikere selv om røntgenavdelingene også må sies å kunne

ha stor nytte av den som støtte for sine vurderinger. Versjon fem av folderen er nå adoptert og utgitt av EU kommisjonen, også tillagt en del nukleærmedisinske indikasjonsstillinger [12]. Problemstillingen ble tatt opp i Helseregion sør på en konsensuskonferanse i Holmestrand (2002). Det ble da besluttet at Norsk radiologforening skulle få folderen oversatt og gjort kjent i Norge, og den skal nå ligge tilgjengelig på radiologforeningens hjemmesider. *Med tanke på den kraftige veksten i bruken av CT ved norske sykehus, og tilhørende økning i samlet befolkningsdose, vil større fokus på berettigelse og indikasjonsstillinger kanskje være den mest effektive utøvelsen av strålevern man kan gjøre*.

Optimalisering i henhold til ICRP (1990), gjort gjeldende for pasienter i røntgendiagnostikk: «In relation to any particular source within a medical practice, the magnitude of individual doses should be kept *as low as reasonably achievable*, economic and social factors being taken into account. The procedures should be constrained by restrictions on the doses to individuals (dose constraints).» Dette prinsippet er også kjent under akronymet ALARA, og utøves i mange ledd. Det handler om valg av apparatur og teknologi, valg av prosedyre og eksponeringsteknikk, kvalitetskontroll og vedlikeholdsprosedyrer, alt som skal til for å gi god diagnostisk informasjon med en lavest mulig dose til pasient. Mens prinsippet om berettigelse kan hevdes å være et spørsmål for den medisinske profesjon, vil optimalisering uten tvil være en tverrfaglig gebet som involverer radiografer, radiologer, ingeniører, medisinske fysikere, utstyrsleverandører etc. Det vil handle både om utvikling av gode protokoller for gitte indikasjonsstillinger på de ulike røntgenlaboratoriene ut fra forutsetningene om apparaturens alder og muligheter, og utøvelsen av optimalisering for hver enkelt pasient avhengig av vekt og sykdomsbilde. *For CT gav overgangen fra aksiale skannere til spiral- og multi-slice teknikk spesielle utfordringer mht optimalisering av protokoller tilpasset nye valgmuligheter, programvare og arbeidsstasjon, og ettersom den teknologiske utviklingen skyter fart (4 – 8 – 16 – 32 – 256… kanalers CT) vil dette være en kontinuerlig omstillingsprosess med behov for tverrfaglige prosjekter for utvikling av protokoller i CT dedikert spesielle pasientgrupper, diagnosegrupper, barn, traume etc…*

Optimaliseringsprosessen fordrer at man har blikk for både bildekvalitet og dose. Det finnes kvantitative metoder for evaluering av bildekvalitet i CT, men disse er ressurskrevende [13]. EU kommisjonen organiserte en serie av konferanser i diagnostisk radiologi på 90-tallet, med det formål å skaffe dokumentasjon for utgivelse av kvalitetskriterier for røntgen-diagnostiske bilder, og oversikt over stråledoser ved ulike undersøkelser. Kriteriene er knyttet til visualisering av anatomiske strukturer i bildene, og en egen rapport er tilegnet CT undersøkelser [14] (http://www.europa.eu.int eller http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/index.htm, se videre www.msct.info). Kriteriene har vært prøvet ut ved et utvalg av sykehus i Norden, og presentert på en IAEA kongress i Malaga 2001 dedikert strålebeskyttelse av pasienten [15].

Dosebegrensning Det finnes ikke dosegrenser for pasienter. For en undersøkelse en har funnet indisert og berettiget, må en bruke teknikk og parametere som gir ønsket diagnostisk utbytte, og stråledosen vil bli bestemt av det. Det er også viktig å understreke at stråledose til pasient i løpet av de siste 20 – 30 årene er blitt gradvis redusert grunnet utviklingen av bildeforsterkeren, raskere film/folie systemer og mer effektive detektorer. Stråledosene ved røntgendiagnostiske undersøkelser er allment erkjent å gi en ubetydelig tilleggsrisiko veid opp mot nytten av å få stilt en diagnose med betydning for videre behandling av pasienten. Likevel gjelder ALARA prinsippet også for pasienter. ICRP introduserte i 1990 begrepet ”dose constraint” (doseføring), som for røntgendiagnostisk bruk er blitt fortolket ved ”referanse dose” eller ”veiledende doseverdier”. Ideen er at Strålevernsmyndighetene i ulike land skal utgi slike referansedoser for utvalgte undersøkelsesprosedyrer, som de lokale sykehusene kan teste seg mot. Dette må være basert på at man via landsdekkende kartlegginger kjenner ”rikets tilstand” og vet hva som man med rimelighet vil kunne oppnå. En tilnærmingsmåte har vært å basere referanseverdien for en

gitt undersøkelsestype på 3. kvartils verdien av doseforedelingen, d.v.s. at 75% av laboratoriene som har vært målt på ligger under referansedosen. Når et enkelt sykehus vil teste seg i forhold til referanseverdien, må dette baseres målinger av gjennomsnittsverdien av et utvalg på 10 – 20 pasienter med gjennomsnittelig vekt. Vi sier at sykehuset da måler sin *representative dose*. Dersom sykehusets representative dose for en gitt prosedyre ligger systematisk over referanseverdien, må årsakene til dette utredes og tiltak settes inn på å forbedre forholdene. Det kan være feil ved apparaturen eller dårlig arbeidsteknikk (kompetanse). *Det er ikke intensjonen at hver enkelt pasient skal måles i forhold til referanseverdien.*

For CT har man ingen enkelt *målbare* størrelser for stråledose til pasient, og en viktig forutsetning etablering av referansedoser har vært IEC's utvikling av egnede doseparametere [16]. Referansedosene er knyttet til vektet CT doseindex ($CTDI_w$) og dose-lengde-produkt (DLP). IEC's standard for dette området er under revisjon, blant annet på grunn av kritikk mot definisjonen av $CTDI_w$. Det anføres at referansedosene må knyttes til den pitch korrigerte størrelsen $CTDI_{vol}=CTDI_w/pitch$. Det har også vært uenighet mellom leverandører og ulike brukerinteresser i definisjonen av pitch. - Et viktig poeng er i alle tilfelle at doseparameterne er knyttet til plexiglass fantom av henholdsvis 16 cm (head FOV) og 32 cm (body FOV), ikke den reelle pasienten. Det betyr at en for eksempel ikke kan få ut doseverdiene for små barn. Den internasjonale elektrotekniske komité (IEC) har i sin standard krav til at disse størrelsene skal oppgis på konsollen ved bestilling av ny undersøkelse. En kan da umiddelbart se hvordan valg av rørspenning (kV), rørstrøm og tid (mAs), snitt-tykkelse og pitch påvirker stråledose til pasient, noe som vil bli til stor hjelp ved optimalisering og utvikling av protokoller. Etter ny Strålevernsforskrift § 37 skal dosedataene følge pasientens journal (trådte i kraft 1. januar 2006). §37 stiller også krav til gonadeskjerming og skjerming av øyelinser og bryster, dersom slik skjerming ikke skjuler områder av klinisk interesse. Det mest aktuelle er skjerming av testes med scrotumkopp når scanvolumet ligger nærmere enn 5cm. Skjerming av barns øyelinser eller bryster (jenter) med Bismuth under CT scan vil også redusere stråledosen til disse organene når de ligger i primærfeltet, uten at det synes å gå ut over bildekvaliteten [17].

Strålevern for personalet

Dosene til yrkeseksponerte og befolkning for øvrig er regulert med dosegrenser i Norsk lov, som med de nye forskriftene tilsvarer ICRP's anbefalinger. Dosegrensene er satt for å beskytte mot mulige skadelige effekter av ioniserende stråling, og er satt langt under terskelverdiene for alle kjente deterministiske effekter, og slik at risikoen for stokastiske effekter skal være ubetydelig. Det er altså langt fra snakk om noen faregrenser. At dosegrenser for befolkningen for øvrig er satt lavere enn for yrkeseksponerte, gjenspeiler ALARA prinsippet.

Tabell 2 Dosegrensene for yrkeseksponerte og befolkningen for øvrig [18]

	Yrkes eksponering	Generell befolkning
Effektiv dose	20 mSv/år	1 mSv
Hud	500 mSv	50 mSv
Øyelinse	150 mSv/år	15mSv/år
Gravide	1 mSv resterende svangerskap	

Dosegrensene er relatert til effektiv dose [5], mens persondosimeteret gir doseverdi avhengig av hvordan det bæres. Dersom man anvender blygummifrakk, og bærer persondosimeteret utenpå frakken, vil verdien av effektiv dose typisk ligge på 10 – 30 % av dosimeteravlesningen. For de aller fleste vil vanlig bruk og god arbeidsteknikk føre til at en ligger langt under dosegrensene. Strålevernet har utgitt råd om hvilke yrkesgrupper som bør overvåkes med persondosimeter [19,

20]. Etter ny forskrift er dette også gitt av klassifisering av arbeidsplassen. Basert på dosestatistikk fra de siste årene vet man hvilke grupper av norske arbeidstakere som er mest utsatt. Det gjelder først og fremst de som må stå tett innpå pasienten under lengre intervensjonsprosedyrer (kardiologer, etc.), samt for enkelte tilknyttet spesielt vedlikeholdsarbeid i industri, offshore, og på atomanlegg. Radiografer i normalt arbeid på et CT laboratorium skal egentlig ikke kunne motta noe tilleggsdose utover bakgrunnsnivå, fordi de fleste prosedyrer kan foretas fra kontrollrommet.

Grunnet teknologisk utvikling av CT, høyere bruksfrekvens, og ofte relativt korte avstander til nabo rom, ble anbefalt avskjerming av CT laboratorier skjerpet fra 1.1.2002. Skjerpingen hadde også en rasjonell, pragmatisk grunn; å dimensjonere røntgenlaboratorier på et sykehus likere, slik at apparatur kan flyttes mellom laboratoriene uten å måtte fintenke på hvordan rommet i sin tid ble bygget. Etter Strålevernsforskriftens §16 gjelder en dosegrense for eksponering av individer i allmennheten på 0,25 mSv/år. ALARA legges ellers til grunn ved dimensjonering av bygningsmessige skjermingstiltak, i tillegg til de overordnede dosegrensene for yrkeseksponerte (§21). I arbeidet med nye anbefalinger for bygningsmessig skjerming har Strålevernet praktisert en overordnet doseføring på 0,25 mSv/år per enkeltinstallasjon til personer som arbeider i kontroll rom eller har fast arbeidsplass i tilgrensende rom til røntgenlaboratoriet. Dette sikrer for eksempel at gravide arbeidstakere kan arbeide trygt i kontrollrommet, og er knyttet til klassifisering av arbeidsplassen (§20). Oppsummert fra Strålevernets anbefalinger for CT (se tema skjerming under www.stralevernet.no):

- Vegger bør ha en skjermingsevne ekvivalent med 2 mm bly opp til tak (etasjeskille).
- CT laboratoriet skal være atskilt fra kontrollrommet med en dør (ikke sluseløsninger)
- Dører i CT laboratoriet bør ha en skjermingsevne ekvivalent med 2 mm bly, tilsvarende for blyglassvindu mot kontrollrom.
- Det er vanligvis ikke nødvendig å tilleggsskjerme yttervegger, men dersom det er oppholdplasser, bygninger med veranda, vinduer etc. i avstander nærmere enn 5 meter fra gantrysenter, må vinduene ha 2 mm blyekvivalens.
- Etasjeskiller bør ha en skjermingsevne ekvivalent med 2 mm bly, noe som tilsvarer mellom 15 og 20 cm betong.

Dersom man velger andre skjermingstekniske løsninger enn de som anbefales fra Strålevernet må virksomheten selv kunne dokumentere ved målinger og beregninger at dosegrensen på 0.25 mSv/år utenfor laboratoriet etterleves. Strålevernet tilbyr ikke lenger detaljerte skjermingsvurderinger i forvaltningen av røntgendiagnostikk, fordi det er tidkrevende og beheftet med betydelig usikkerhet. Anbefalingene representerer en skjerping i forhold til tidligere år da man avskjermet CT laboratorier med 1 mm blyekvivalens, og dette har naturlig nok økonomiske implikasjoner. Dersom en skal dimensjonere skjerming mer nøyaktig etter aktuell bruksfrekvens, nærmere spesifikasjon av apparatur og romgeometri, finnes det metoder for dette [21 – 24], men det er relativt komplisert og tidkrevende og krever fysikk kunnskaper.

Ved vanlige CT undersøkelser skal det normalt ikke være noen ansatte inne i laboratoriet under undersøkelsen. Unntaket er ved undersøkelser av barn eller andre som trenger at noen er tilstede for å holde, trøste eller sette anestesi. Eller ved bruk av CT gjennomlysning for CT veiledet intervensjon. Følgende regler for god arbeidsteknikk gjelder da:

- primærfeltet består av et smalt vifteformet stråleknippe, all primærstråling går rett i detektor, så er det bare spredt stråling en kan utsettes for (med mindre en putter fingrene inn i gantry sentrum)
- den spredte strålingen avtar med kvadratet av avstand fra gantry åpning
- bruk beskyttelsesutstyr i form av blygummifrakk med 0.25 mm bly ekvivalens, eventuelt thyreoidea beskytter, blyglassbriller, hansker

- persondosimeter bæres i skjortekragen utenpå blygummifrakken
- ved ”real time” CT biopsi, bruk et brettet blygummilaken (til sammen 0.5 mm blyekvivalens) lagt nær opp til angreppunktet. Dette vil redusere spredt stråling fra pasienten mot operatørens fingre i 10 cm avstand med over 80%.

Avsluttende kommentarer

Den nye strålevernsforskriften er nå under implementering på norske sykehus, ved at alle virksomheter skal ha ny godkjenning innen 2008. Det er ferdigstilt en veileder om medisinsk bruk av røntgen- og MR-apparatur underlagt godkjenning [25], som også kan lastes ned fra Strålevernets hjemmeside http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/Veiledning_5.pdf . Så gjenstår å se om nytt regelverk vil føre til bedre strålevern for pasient i årene fremover, da i forståelsen av bedre diagnostikk til akseptable stråledoser. Kommer stråledosene fra CT til å øke fremover? Nye muligheter og raskere opptaksteknikker skaper forventning i klinikken om økt produksjon, og økningen i bruken av CT undersøkelser kommer uten tvil til å føre til at den samlede befolkningsdose fra CT øker. For den enkelte pasient er det ikke så enkelt å spå om dosene vil øke eller minke. Mer effektive detektorer, utvikling av systemer for modulasjon av rørstrøm under rotasjon for optimalt signal/støy forhold uavhengig av pasientens anatomi, og mulighet for senere rekonstruksjon og bildebearbeiding, burde gi lavere pasientdoser. Multi-slice teknologien gir mulighet for å skanne et større kroppsvolum på ett ”hold pusten”, noe som er en fordel ut fra at en ikke mister noe av diagnostisk interesse, men dette kan også friste til å gjøre undersøkelsen med omfattende enn nødvendig. Henvisningene fra klinikken synes allerede mindre spesifikk (finnes ikke lenger noe som heter CT lever). Det er lettere å samle inn mange tynne snitt, noe som gir økte muligheter ved MPR og averageing teknikker. Men i en fase der man ikke har vent seg til den nye arbeidsmåten vil dosene kunne øke radikalt dersom en søker det samme signal/støy forholdet i de tynne snittene som etter gammel protokoll med tykkere snitt. Den nye teknologien kreerer også en uhorvelig mengde bilder, noe som stiller krav til omstilling. Så derfor, ”My vista about teamwork: The right to use X-ray is a great responsibility, and should be given to the professional *team* of radiologists, radiographers, physicists and engineers in the radiological department, for in common to select among the range of parameters available on the equipment in order to develop protocols optimised for the clinical question, to the best benefit for the patient and the society, humble to the fact that no single profession has the total overview of all the aspects needed to utilize the technology to its fully potential, and that we manage equipment for a terrible a lot of money….” [Hilde M. Olerud. Letter from over sea. BIR New’s, August 2001].

Referanser

[1] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and effects of ionizing radiation*. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. (New York: United Nations) (2000).

[2] Om strålevern og bruk av stråling. Lov nr. 36 av 12. mai 2000. Oslo: Sosial- og helsedepartementet (2000)

[3] EC, European Commission. *Council Directive 96/29/EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers from ionizing radiation.* 29.6.96 No L 159, 1 – 19 (1996).

[4] EC, European Commission. *Council Directive 97/43/Euratom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionising radiation in relation to medical exposures, and repealing Directive 84/466/Euratom*. Official Journal of the European Communities. 9.7.97 No L180, 22–27 (1997).

[5] ICRP, International Commission on Radiological Protection. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. Oxford: Pergamon Press (1991).

[6] ICRP, International Commission on Radiological Protection. *Radiological protection and safety in medicine*. ICRP Publication 73. Oxford: Pergamon Press (1996).

[7] Olerud, H.M. and Saxebøl G. *Diagnostic radiology in Norway from 1983-1993- Examination frequency and collective effective dose to patients.* Radiat.Prot. Dosim. **74** (4) 247-260 (1997).

[8] NORAKO. Norsk radiologforening v/ Karen Rosendahl, Haukeland sykehus (2001)

[9] Olerud, H.M. and Finne, I.E. *Computer-tomografi ved norske sykehus. Undersøkelsesteknikk og stråledose til pasient*. StrålevernRapport 1995:11. Østerås: Statens strålevern (1996).

[10] Olerud, H.M. *Analysis of factors influencing patient doses from CT in Norway*. Radiat.Prot. Dosim. **71** (2) 123-133 (1997).

[11] Jones, D.G. and Shrimpton, P.C. *Survey of CT practice in the UK. Part 3: Normalised organ doses calculated using Monte Carlo Techniques.* National Radiological Protection Board, NRPB-R 250. (London: HMSO) (1991).

[12] *Referreral guidelines for imaging*. RP 118. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (2000).

[13] Olerud, H.M., Olsen J. and Skretting A. *An anthropomorphiv phantom for receiver operating characteristic studies in CT imaging of liver lesions*. BJR **72**; 35-43 (1999).

[14] *European guidelines on quality criteria for computed tomography*. Report EUR 16262. Brussels: Office for Official Publications of the European Communities (1999).

[15] H.M. Olerud, C-G. Torp, G. Einarsson, P. Grøn, W. Leitz, A. Servomaa. *Use of the EC quality criteria as a common method of inspecting CT laboratories– a pilot project by the Nordic radiation protection authorities*. In: IAEA proceedings from workshop on the protection of patients, Malaga, March 2001. Vienna:IAEA (2000).

[16] IEC, International Electrotechnical Committee. *Amendment 1 to IEC 60601-2-44 Ed.2: Electromedical equipment – Part 2-44: Particular requirements for the safety of X-ray equipment for computed tomography.* 62B/451/CDV. Geneva: IEC (2002).

[17] Fricke BL, Donnelly LF, Frush DP, et.al. In plane Bismuth Breast Shields for Paediatric CT: Effects on Radiation Dose and Image Quality Using Experimental an Clinical Data. AJR **180**; 407 – 411 (2003)

[18] Dosegrenser for yrkeseksponerte – ioniserende stråling. Strålevern Hefte 4 Østerås: Statens strålevern (1995)

[19] Persondosimetri for yrkeseksponerte – ioniserende stråling fra eksterne strålekilder. Strålevern Hefte 8. Østerås: Statens strålevern (1995)

[20] Persondosimetritjenester fra Statens strålevern. Strålevern Hefte 16. Østerås: Statens strålevern (1998)

[21] Simpkin DJ. *Transmission data for shielding diagnostic X-ray facilities*. Health Physics Society. **68;** 704-709 (1995).

[22] Dixon RL, Simpkin DJ. *Primary shielding barriers for diagnostic X-ray facilities: A new modell*. **74;** 181-189 (1998).

[23] Simpkin DJ, Dixon RL. *Secondary shielding barriers for diagnostic X-ray facilities: Scatter and leakage revisited*. Health Physics Society **74;** 350-365 (1998).

[24] Sutton, DG, Williams JR (eds). *Radiation Shielding for Diagnostic X-rays*. Report of a joint BIR/IPEM working party. London: British Institute of Radiology (2000).

[25] *Veileder om medisinsk bruk av røntgen- og MR-apparatur underlagt godkjenning*. Veileder 5. Østerås: Statens strålevern (2005) (http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/Veiledning_5.pdf)