



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Anne Thilander-Klang

2017:06

Utveckla metoder för bestämning
av diagnostiska standarddoser och
dosreferensnivåer för DT-undersökningar av barn

SSM perspektiv

Bakgrund

En av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) målsättningar för medicinsk röntgen-diagnostik är att den är säker för patienter. Detta innebär att undersökningar ska vara berättigade och optimerade. 2002 introducerades författning om diagnostiska standarddoser (DSD) och diagnostiska referensnivåer (DRN) för 12 olika typer av röntgenundersökningar för vuxna patienter. DSD har begärts in vid tre olika tillfällen från de vårdinrättningar och systemet med DRN har visat sig vara ett kraftfullt verktyg för att övervaka och minska stråldoser till vuxna patienter.

SSM arbetar nu med att introducera DRN för undersökningar av barn.

Antalet datortomografi (DT) undersökningar ökar i Sverige dels på grund av att röntgenundersökningar flyttas från konventionell slätröntgenteknik till DT men även då nya tekniker införs. Stråldosen vid en DT undersökning är generellt högre än vid motsvarande undersökning med slätröntgenteknik. Mellan åren 2005 och 2008 ökade antalet DT undersökningar i Sverige med ca 36 %.

Moderna DT anger förväntat CTDI_{vol} (Computed Tomography Dose Index by volume) och DLP (Dose Length Product) före undersökningen samt vad det verkligen blev efter undersökningen och om det är skillnad så beror det troligen på att rörströmsmodulering använts. CTDI_{vol} är en uppskattning av den lokala stråldosen i medeltal till undersökt område medan DLP är en uppskattning av den totala stråldosen för undersökningen. Genom att multiplicera CTDI_{vol} med undersökningens längd fås en grov skattning av DLP.

Ett problem med båda dessa storheter är att de antar en bestämd storlek av patienten där huvudet representeras av en plexiglas cylinder med diametern 16 cm medan kroppen representeras av en större cylinder, 32 cm i diameter. CTDI_{vol} bestäms för alla DT med dessa två fantom men gäller egentligen endast för vuxna individer med en vikt på ca 70 kg. Störst avvikelse blir det för små individer, tex. barn. Några DT anger för vissa barnundersökningar av kroppen ett CTDI_{vol}-värde baserat på mätningar i fantomet med 16 cm i diameter, vilket kan orsaka förvirring vid jämförelser. För samma exponeringsparametrar är det angivna CTDI_{vol}-värdet hälften så stort om det anges för 32 cm fantomet jämfört med 16 cm fantomet.

Syfte

Att ta fram DRN för DT undersökningar av barn samt att bestämma metoder för bättre uppskattning av doser vid DT undersökning av barn.

Resultat

Studien har samlat in CTDI, DLP och ålder för flera olika DT undersökningar som utförs på barn samt vikt i de fall uppgiften har varit tillgänglig.

Rapporten föreslår att DRN ska bestämmas utifrån en exponentiell ekvation som anpassats till patientens vikt för undersökningarna DT Lunga, DT Buk och DT Lunga+Buk och utifrån ålder för DT Hjärna.

Behov av ytterligare forskning

Nuvarande metod att uppskatta dosen till patienten är endast anpassad till vuxna patienter. Den verkliga dosen ett barn får vid en DT undersökning skiljer sig väldigt mycket från den uppskattning av dosen som tas fram med nuvarande metoder för dosuppskattning vid DT undersökningar.

Ytterligare forskning behöver därför koncentreras på att ta fram tillförlitliga och praktiskt genomförbara metoder som tar hänsyn till kroppsstorlek då dosen uppskattas från DT undersökningar av barn.

Projekt information

Kontaktperson SSM: Richard Odh

Referens: SSM 2011-2168



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Författare: Anne Thilander-Klang

2017:06

Utveckla metoder för bestämning
av diagnostiska standarddoser och
dosreferensnivåer för DT-undersökningar av barn

Datum: Februari 2017

Rapportnummer: 2017:06 ISSN: 2000-0456

Tillgänglig på www.stralsakerhetsmyndigheten.se

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM. De slutsatser och synpunkter som presenteras i rapporten är författarens/författarnas och överensstämmer inte nödvändigtvis med SSM:s.

Stråldosindikatorer vid datortomografiundersökningar av barn

SSM2011-2168

Innehåll

| | |
|---|-----------|
| 1. Projektbeskrivning | 4 |
| 1.1. Acknowledgement | 4 |
| 2. Sammanfattning..... | 5 |
| 3. Förkortningar | 7 |
| 4. Inledning..... | 9 |
| 5. Insamling av patientdata..... | 11 |
| 5.1. Medverkande sjukhus..... | 11 |
| 5.2. Datortomografer på sjukhusen | 11 |
| 5.3. Undersökningar och frågeställningar..... | 12 |
| 5.4. Insamlingsperiod..... | 12 |
| 5.5. Åldersindelning eller indelning på annat sätt..... | 13 |
| 5.5.1. Astrid Lindgrens Barnsjukhus..... | 13 |
| 5.5.2. Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus | 13 |
| 5.5.3. Skånes Universitetssjukhus..... | 14 |
| 5.5.4. Akademiska sjukhuset, Uppsala..... | 14 |
| 6. Sammanfattning av resultat | 15 |
| 6.1. DT Hjärna..... | 15 |
| 6.2. DT Lunga | 18 |
| 6.3. DT Buk | 21 |
| 6.4. DT Lunga+Buk..... | 25 |
| 6.5. Size-Specific Dose Estimate | 25 |
| 6.5.1. Exempel; DT Buk..... | 25 |
| 7. Diskussion och Slutsatser..... | 28 |
| 8. Bilaga A. Storheter för stråldos | 30 |
| 8.1. Storheter för stråldos inom datortomografi..... | 30 |
| 8.2. Diagnostisk referensnivå och Diagnostisk standarddos | 32 |
| 8.3. Effektiv dos | 34 |
| 8.4. Size-Specific Dose Estimate | 37 |
| 9. Bilaga B. Resultat från sjukhusen | 40 |
| 9.1. DT Hjärna..... | 40 |
| 9.1.1. ALB, DT Hjärna..... | 40 |
| 9.1.2. DSBUS, DT Hjärna | 42 |
| 9.1.3. Skåne, DT Hjärna | 44 |
| 9.1.4. Uppsala, DT Hjärna | 49 |
| 9.2. DT Lunga | 51 |
| 9.2.1. ALB, DT Lunga | 51 |
| 9.2.2. DSBUS, DT Lunga..... | 53 |
| 9.2.3. Skåne, DT Lunga..... | 54 |
| 9.3. DT Buk | 56 |
| 9.3.1. ALB, DT Buk | 56 |
| 9.3.2. DSBUS, DT Buk..... | 59 |
| 9.3.3. Skåne, DT Buk..... | 63 |
| 9.4. DT Lunga+Buk..... | 65 |
| 9.4.1. ALB, DT Lunga+Buk | 65 |
| 9.4.2. DSBUS, DT Lunga+Buk | 67 |
| 9.4.3. Skåne, DT Lunga+Buk | 68 |

| | |
|--|-----------|
| 10. Bilaga C. Tidigare publikationer om DRN och DSD | 71 |
| 10.1.1. Europa, 2000 | 71 |
| 10.1.2. Storbritannien, 2002 | 72 |
| 10.1.3. Tyskland, 2005-2006 | 74 |
| 10.1.4. Schweiz, 2005..... | 75 |
| 10.1.5. Australien, 2006-2008..... | 78 |
| 10.1.6. Finland och Litauen, 2011 | 80 |
| 10.1.7. USA, 2013..... | 82 |

1. Projektbeskrivning

Projektnummer: SSM2011-2168
Kontaktperson SSM: Richard Odh
Projektledare: Anne Thilander Klang

1.1. Acknowledgement

Författaren tackar sjukhusfysikerna Henrik Andersson och Patrik Nowic, Karolinska Universitetssjukhuset i Stockholm, Sonny La och Marcus Söderberg, Skånes Universitetssjukhus samt Per-Erik Åström, Akademiska Sjukhuset i Uppsala, för all hjälp med insamling av patientdata.

2. Sammanfattning

En studie har genomförts för att kartlägga aktuella stråldoser vid datortomografiundersökningar av Hjärna, Lunga, Buk och Lunga+Buk utförda vid Astrid Lindgrens barnsjukhus, Drottning Silvias barn och ungdomssjukhus, Skånes universitetssjukhus och Akademiska sjukhuset. Dessa data kan utgöra underlag för diagnostiska referensnivåer av datortomografiundersökningar av barn.

De insamlade stråldosdata påvisar problematiken kring redovisning av representativa stråldoser vid undersökningar av barn i stort och specifikt att ta fram diagnostiska standarddoser för barn. En svårighet är det begränsade antal undersökningar som utförs på barn. Därför har stråldosdata samlats in från de dedicerade barnsjukhusen i landet samt några övriga röntgenavdelningar, som har en relativt stor andel barnpatienter. Normal insamlingsperiod för diagnostiska standarddoser för datortomografiundersökningar av vuxna är några veckor med ett maximum på några månader för de undersökningar som har en lägre frekvens. I denna studie har insamlingsperioden varit över 18 månader i de flesta fall. Och trots detta har det varit svårt att få tillräckligt med patienter i varje undergrupp för varje undersökningstyp.

Patienterna har alltså för vissa presentationer delats in i undergrupper baserade på ålder vid undersökningstillfället. Ålder är inte det bästa måttet, men det är ett som man känner innan undersökningen. Det är praktiskt att använda ålder som parameter och man delar ofta in datortomografens (DT) undersökningsprotokoll i olika åldersintervall. Röntgensjuksköterskan som utför själva undersökningen har naturligtvis möjlighet att placera patienten i ett annat åldersintervall om kroppsvikten avviker från det tänkta intervallet. Helst hade man önskat sig protokollsindelning med avseende på kroppsvikt men detta kräver kännedom om den aktuella vikten samt en bättre hantering av dessa viktdata i våra olika röntgenssystem.

De storheter som används för att rapportera stråldosen från datortomografiundersökningar är Computed Tomography Dose Index by volume ($CTDI_{vol}$) och Dose Length Product (DLP). Där $CTDI_{vol}$ anger medelvärde av den lokala stråldosen till undersökt volym med enheten mGy (milli Gray) och DLP anger ett mer totalt mått på stråldosen från serien alt. undersökningen med enheten mGy.cm (milli Gray x undersökt längd av patienten i cm). Bestämningen av dessa båda storheter görs inte på patienterna utan i cylindriska plexiglas fantom av 2 olika storlekar; 16 cm i diameter respektive 32 cm i diameter. Så de angivna stråldosdata gäller alltså för ett av dessa fantom.

Normalt används fantomet med en diameter på 16 cm för att representera huvudet på en normalstor vuxen individ och fantomet på 32 cm skall då representera dess kropp. För barn har några av tillverkarna av DT valt att ange stråldosen till de minsta barnens kroppar till det mindre 16 cm plexiglas fantomet. Enligt internationell standard är tillverkarna skyldiga att ange till vilket fantom de beräknade stråldoserna är angivna. Trots detta kan det ibland vara svårt att veta insamlingen av stråldosdata. Att det är viktigt att veta beror på att det är en skillnad på en faktor 2 mellan det uppmätta $CTDI_{vol}$ -värdet i ett 16 cm $CTDI$ -fantom och om den mätts i det större 32 cm fantomet då båda fantomen exponerats på identiskt sätt.

Då det är få patienter som motsvarar tjockleken i 32 cm plexiglas fantomet har American Association of Physics in Medicine (AAPM) föreslagit en metod för undersökningar av bålen för en bättre uppskattning av stråldosen än $CTDI_{vol}$ -Size-

Specific Dose Estimate (SSDE) med enheten (mGy). För att beräkna SSDE multipliceras $CTDI_{vol}$ med en konversionsfaktor som tar hänsyn till patientens verkliga tvärsnitt (effektiva diametern) i förhållande till plexiglasfantomet. Är patientens effektiva diameter mindre än 32 cm blir faktorn större än 1. Faktorn korrigerar även för att patienten uppskattas bestå av vatten och inte av plexiglas.

För några av patienterna som genomgick DT Buk undersökning vid Drottning Silvias Barn- och ungdomssjukhus mättes patientens AP och LAT-mått manuellt på den mittersta bilden i serien. Konversionsfaktorn beräknades och SSDE bestämdes för dessa patienter. För DT Buk var skalfaktorn i medeltal 1,6, vilket innebär att man i de flesta fall har en betydligt högre stråldos till en patient som har en mindre kropp än den som motsvarar den ekvivalenta kroppsstorleken 32 cm plexiglas. $CTDI_{vol}$ (och DLP) värdet skall alltså ses som en indikator på stråldos och inte som den stråldos som patienten erhållit.

Då man måste bestämma patientens tvärsnittsmått har inte SSDE kunnat bestämmas för samtliga patienter. I denna rapport anges därför i huvudsak stråldosdata som de av datortomograferna angivna $CTDI_{vol}$ och DLP värdena, dock korrigerade till 32 cm fantomet för DT Lunga, DT Buk och DT Lunga+Buk.

I rapporten presenteras resultaten dels för varje sjukhus, undersökningstyp och ålder dels som en sammanslagning av alla data för en undersökningstyp.

Sammanlagda data för alla sjukhus per undersökning har används till att bestämma diagnostiska referensnivån (DRN), som representeras av den tredje kvartilen. Denna den tredje kvartilen presenteras dels per åldersintervall för varje undersökning och här har alla data ingått i beräkningen dels som en ekvation. Denna ekvation baseras på att kroppsvikten är känd och har då bara kunnat bestämmas för patienter vars kroppsvikt var känd som underlag. Ekvationen är en exponentiell kurvanpassning av datapunkterna och kan användas för att kontrollera om det egna patientmaterialets stråldoser ligger över eller under denna linje. Fördelen med detta sätt är att man vid nästa insamling inte är begränsad av att få tillräckligt med patienter i alla åldersintervall utan man kan inkludera samtliga patienter om man känner deras kroppsvikt och jämföra med ekvationens linje.

Rekommendationen är att för DT Hjärna använda åldern som parameter i ekvationen medan för DT Lunga, DT Buk och DT Lunga+Buk använda kroppsvikten.

Metod för uppskattning av den Effektiva dosen (E, enhet mSv) finns beskrivet i rapporten men då det är stora osäkerheter med metoden som sådan och med vilken konversionsfaktor som skall användas är detta inget som rekommenderas. Ur risk-synpunkt hade det varit mer intressant att kunna uppskatta stråldosen till olika organ i kroppen.

I denna rapport har även en kartläggning som sammanfattar kunskapsläget avseende diagnostiska referensnivåer av datortomografiundersökningar av barn (Bilaga C). Den visar på att det är svårt att utföra jämförelser då det t.ex. inte alltid framgår vilka frågeställningar som ingått i studierna. De publicerade studierna är också utförda vid olika tidsperioder och med olika datortomografer.

Manuell insamling av stråldosdata är inte ett praktiskt sätt att utföra arbetet på utan det behövs automatiska system för insamling av stråldosdata, exponeringsdata och patientdata. Minst lika viktigt är att man enkelt kan söka ut de data man vill ur databasen och att kunna göra jämförelser med andra tidsperioder men även andra datortomografer som andra sjukhus.

3. Förkortningar

| | |
|-----------|---|
| AAPM | American Association of Physicists in Medicine |
| AEC | Automatic Exposure Control (Automatisk exponeringskontroll) |
| ALB | Astrid Lindgrens barnsjukhus, Karolinska Universitetssjukhuset, Stockholm |
| AP | Anterior-Posterior |
| ASiR | Adaptive Statistical iterative Reconstruction |
| CT | Computed Tomography |
| CTDI | Computed Tomography Dose Index (enhet; mGy) |
| DLP | Dose Length Product alt. Dos-längd produkt (enhet; mGy.cm) |
| DRL | Diagnostic Reference Level |
| DRN | Diagnostisk referensnivå |
| DSBUS | Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Göteborg |
| DSD | Diagnostisk standarddos |
| DT | Datortomograf alt. datortomografi |
| E | Effektiv dos (enhet; mSv) |
| E_{DLP} | Konversionsfaktor som multiplicerad med DLP-värdet ger en uppskattad effektiv dos (enhet; mSv/mGy.cm) |
| LAT | Lateral |
| LDRL | Local Diagnostic Reference Level |
| MSCT | Multi-slice CT |
| MSDT | Multisnitts datortomograf |
| NI | Noise Index. Kopplat till önskad brusnivå i bilden och används av GE Healthcare i deras modulering av rörström. |

| | |
|------|--|
| SSCT | Single-slice CT |
| SSDE | Size-Specific Dose Estimate (enhet; mGy) |
| SSDT | Singelsnitts datortomograf |
| SSI | Statens strålskyddsinstitut |
| SSM | Strålsäkerhetsmyndigheten |
| Q2 | 50% kvartil (median) |
| Q3 | 75% kvartil |

4. Inledning

Antalet datortomografi (DT) undersökningar ökar i Sverige dels p.g.a. att röntgenundersökningar flyttas från konventionell slätröntgenteknik till DT men även då nya tekniker införs. Stråldosen vid en DT undersökning är generellt högre än vid motsvarande undersökning med slätröntgenteknik. Mellan åren 2005 och 2008 ökade antalet DT undersökningar i Sverige med ca 36 % (Leitz, 2011¹).

Antalet DT undersökningar av barn är lågt i förhållande till antalet DT som utförs på vuxna individer. 2011 uppskattades att ca 17 000 DT undersökningar utförs på barn i Sverige (Jorulf et al²). Motsvarande siffra för Tyskland 2005 var ca 31 000 DT barnundersökningar, vilket motsvarar ca 1 % av totala antalet DT (Galanski et al.³). Schweiz rapporterar att de har samma siffra som Tyskland ca 1 % men också att man i Japan år 2000 låg på 2,7 % medan man i USA hade 6,7 % barnundersökningar av alla DT undersökningar (Verdun et al. 2008⁴). På Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus utförs årligen ca 2 300 DT undersökningar av barn, varav en stor del är DT Hjärna. Det låga antalet DT undersökningar av barn är ett problem vid bestämning av diagnostiska referensnivåer (DRN) och diagnostiska standarddoser (DSD).

Moderna DT anger förväntat CTDI_{vol} (Computed Tomography Dose Index by volume) och DLP (Dose Length Product) före undersökningen samt vad det verkligen blev efter undersökningen och om det är skillnad så beror det troligen på att rörströmsmodulering använts. CTDI_{vol} är en uppskattning av den lokala stråldosen i medeltal till undersökt område medan DLP är en uppskattning av den totala stråldosen för undersökningen. Genom att multiplicera CTDI_{vol} med undersökningens längd fås en grov skattning av DLP. De i denna rapport ingående stråldosbegreppen definieras i Bilaga A.

Ett problem med båda dessa storheter är att de antar en bestämd storlek av patienten där huvudet representeras av en plexiglas cylinder med diametern 16 cm medan kroppen representeras av en större cylinder, 32 cm i diameter. CTDI_{vol} bestäms för alla DT med dessa två fantom som bas, men gäller egentligen endast för vuxna individer med en vikt på ca 70 kg. Störst avvikelse blir det för små individer, t.ex. barn. Några DT anger för vissa barnundersökningar av kroppen ett CTDI_{vol}-värde baserat på mätningar i fantomet med 16 cm i diameter, vilket kan orsaka förvirring vid jämförelser. För samma exponeringsparametrar är det angivna CTDI_{vol}-värdet hälften så stort om det anges för 32 cm fantomet jämfört med för 16 cm fantomet. Då korrekt absorberad dos till kroppens organ är svår att bestämma är användning av CTDI_{vol} (och DLP) mer att betrakta som en DT-specifik angivelse av hur mycket strålning som använts för undersökningen. Vare sig CTDI_{vol} eller DLP säger något om erhållen bildkvalitet.

¹ Leitz W. (2011). Personal communication

² Jorulf H, Isberg B och Svahn U. **Rapport projekt SSM2011-1413. Nationell studie Radiologiska undersökningar av barn.** (rapport datum 2012-06-18)

³ Galanski M, Nagel HD, and Stamm G (2006). **Paediatric CT exposure practice in the Federal Republic of Germany. Results of a nation-wide survey in 2005/06.** Medizinische Hochschule Hannover. (2006). ([http://www.mh-hannover.de/fileadmin/kliniken/diagnostische_radiologie/download/ Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf](http://www.mh-hannover.de/fileadmin/kliniken/diagnostische_radiologie/download/Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf)). Accessed 29 January 2011.

⁴ Verdun FR, Gutierrez D, Vader J P, Aroua A, Trinidad Alamo-Maestre L, Bochud F and Gudinchet F. **CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland.** Eur Radiol. vol 18. 1980-1986 (2008). DOI 10.1007/s00330-008-0963-4.

Minskning av $CTDI_{vol}$ kan erhållas t.ex. genom användning av en lägre rörström (mA) eller en sänkning av rörspänningen (kV). Båda åtgärderna påverkar dock bildkvaliteten.

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har för vuxna individer angett diagnostiska referensnivåer för vissa DT undersökningar⁵. Myndigheten har även angett vilka konversionsfaktorer (E_{DLP}) som man bör använda för att uppskatta den effektiva dosen (E) för dessa undersökningar. Förutom att barn har annan kroppsbyggnad än vuxna har de dessutom större risk att få cancer efter att ha blivit bestrålade. Ju yngre de är vid bestrålningstillfället desto högre är risken (Brenner 2001⁶, Brenner 2002⁷, ICRP 103, 2007⁸). Därför bör diagnostiska referensnivåer tas fram och specifika konversionsfaktorer (E_{DLP}) användas för barn.

Att man överhuvudtaget beräknar E för en grupp av individer (aldrig enskild individ) är ju önskan att kunna jämföra stråldoser från olika modaliteter så som slätröntgen och datortomografi.

Utvecklingen går framåt i rask takt. Idag arbetar man även mer aktivt med att anpassa rörspänningen till patientens storlek och framför allt vid undersökning av barn. Detta tillsammans med att man nu kan rekonstruera fram bilderna genom att utnyttja iterativa rekonstruktioner i stället för filtrerad bakåt projektion gör att man kan minska brusnivån i bilden och i förlängningen sänka rörströmmen motsvarande grad – om man är nöjd med de gamla bildernas brusnivå. Optimering av DT är en ständigt pågående process som kan göra det svårare att sätta diagnostiska referensnivåer. Vilket kan innebära att de diagnostiska referensnivåerna behöver uppdateras ofta.

Framtagning av diagnostiska referensnivåer och användningen av diagnostiska standarddoser för DT-undersökningar av barn är ett viktigt verktyg för att minska stråldoserna till patienterna.

⁵ SSMFS 2008:20. **Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om diagnostiska standarddoser och referensnivåer inom medicinsk röntgendiagnostik** (2008).

⁶ Brenner D, Elliston C, Hall E, and Berdon W. **Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT.** AJR Am J Roentgenol 176, 289-296. (2001).

⁷ Brenner DJ. **Estimating cancer risks from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative.** Pediatr Radiol 32, 228-223; discussion 242-224. (2002).

⁸ ICRP Publication 103. Annals of the ICRP: **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.** 37/2-4. (2007).

5. Insamling av patientdata

Ursprungligen var tanken i detta projekt att stråldosdata skulle samlas in från alla typer av sjukhus i landet. Men då det visade sig att frekvensen var så låg att det var svårt att få ihop tillräckligt antal patienter, speciellt om uppdelning i olika åldersgrupperna, inom en rimlig tidsperiod. Därför koncentrerades insamlandet till fem av sjukhusen i landet där den största andelen barnpatienter undersöks.

Andra mål var att undersöka om det fanns skillnader i stråldos för samma undersökning mellan de olika sjukhusen och om det var möjligt att föreslå diagnostisk referensnivåer.

5.1. Medverkande sjukhus

- Astrid Lindgrens barnsjukhus, Karolinska Universitetssjukhuset, Stockholm (ALB)
- Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Göteborg (DSBUS)
- Skånes Universitetssjukhus, Lund (Lund)
- Skånes Universitetssjukhus, Malmö (Malmö)
- Akademiska sjukhuset, Uppsala (Uppsala)

Namnet i parentesen anger den förkortning resp. det namn som använts i diagrammen.

5.2. Datortomografer på sjukhusen

Tabell 1. Tabell över de datortomografer (DT) som ingått i studien, tillverkare samt var de är placerade.

| Sjukhus | DT-1 | DT-2 | DT-3 | DT-4 |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Astrid Lindgrens barnsjukhus, Karolinska Universitetssjukhuset, Stockholm | Definition Flash (Siemens) | | | |
| Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Göteborg | Discovery CT750HD (GE Healthcare) | | | |
| Skånes Universitetssjukhus, Lund | Definition Flash (Siemens) [UR1] | iCT (Philips) [UR2] | Brilliance 64 (Philips) [UR12, Akut] | Brilliance 64 (Philips) [UR36, Neuro] |
| Skånes Universitetssjukhus, Malmö | Definition Flash (Siemens) [Akut] | Sensation 16 (Siemens) [Neuro] | Sensation 16 (Siemens) [GIA] | Sensation 64 (Siemens) [Thorax] |
| Akademiska sjukhuset, Uppsala | Sensation 64 (Siemens) | Definition Flash (Siemens) | | |

Inom [] anges den lokala rumsbeteckningen.

5.3. Undersökningar och frågeställningar

De datortomografiundersökningar som ingått i detta projekt är:

- DT Hjärna
- DT Lunga
- DT Buk
- DT Lunga+Buk

Där DT hjärna är den mest frekventa DT undersökningen.

Remissfrågeställningarna för dessa undersökningar har oftast varit olycksfall (trauma), onkologiska frågeställningar inkl. uppföljning, missbildningar, infektioner och kontroller.

5.4. Insamlingsperiod

Undersökningarna har samlats in under tidsperioden september 2010 till augusti 2013. De olika sjukhusen har samlat in data under olika tidsperioder, se Tabell 2.

Det är svårt att samla in data från barn DT undersökningar då antalet barn från början är litet och ännu svårare om man dessutom delar in barnen i undersökningstyper och ålders- alternativ viktgrupper.

Ju längre tidsperiod desto fler barn, men då ökar även risken att man under denna tidsperiod ändrat någon/några inställningar i undersökningsprotokollet. Detta är en felkälla som är svår att korrigera för.

Insamlingen har endast varit möjlig p.g.a. tillgång till stråldosregistreringsprogram. Olika program/mjukvaror har använts på de olika sjukhusen, vilket medfört att data har insamlats på olika sätt. Med andra ord exakt samstämmighet finns inte.

I de fall då man inte erhållit information om vilket undersökningsprotokoll som valts vet man alltså inte exakt vilka undersökningar som ingår i datamängden. Detta då man endast erhåller ”exam description” och ”series description” i generella termer.

Tabell 2. Tabell över ingående DT-undersökningar, tidsperiod och mjukvara för insamlingen som använts för respektive sjukhus.

| Sjukhus | Insamlingsperiod | Undersökning | Stråldosregistreringsprogram |
|--|---|---|---------------------------------------|
| Astrid Lindgrens barnsjukhus, Stockholm | Hjärna 2011-08-18 till 2011-10-05. Lunga, buk och Lunga+Buk 2013-01-01 till 2013-07-03. | DT Hjärna DT Lunga DT Buk DT Lunga+Buk | Har en egen lokalt utvecklad mjukvara |
| Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus, Göteborg | 2012-01-25 till 2013-08-13 | DT Hjärna DT Lunga DT Buk DT Lunga+Buk | DoseWatch (GE Healthcare) |
| Skånes Universitetssjukhus, Lund | 2012-01-01 till 2013-08-13 | DT Hjärna DT Lunga DT Buk DT Lunga+Buk | DoseTrack (Sectra) |

Tabell 2. fortsättning

| | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|--------------------|
| Skånes Universitetssjukhus, Malmö | 2012-01-01 till 2013-08-13 | DT Hjärna DT Lunga DT Buk DT Lunga+Buk | DoseTrack (Sectra) |
| Akademiska sjukhuset, Uppsala | September 2010 till april 2012 | DT Hjärna | Dosestat (Viximed) |

Stråldosregistreringsprogrammen är beroende av att övriga IT system fungerar och att uppdateringar av mjukvaran i datortomografen eller i övrig IT-miljö inte påverkar dataflödet.

Detta visade sig ske på fler än ett sjukhus under dessa år vilket medförde att under dessa perioder finns inga data insamlade.

5.5. Åldersindelning eller indelning på annat sätt

5.5.1. Astrid Lindgrens Barnsjukhus

Astrid Lindgrens barnsjukhus (ALB) delar in undersökningsprotokollen i åldersintervall:

- 0 – 1 år
- 1 – 16 år
- Vuxna

Att barnen mellan 1-16 år inte delas in i ytterligare grupper beror på att man använder datortomografen Sensation Definition Flash (Siemens) med exponeringsautomatiken CareDose4D med inställningen ”Average strength” på avdelningen.

5.5.2. Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus

På Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus (DSBUS) används ålders/viktsindelningen, se Tabell 3. För vissa protokoll delas barnen i gruppen 1-5 år in i ytterligare grupper 1-2 år och 3-5 år i de fall då 1-5 år anses för grov indelning.

Tabell 3. Åldersindelning för DT-protokollen på Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus. Vid valet av protokoll tas även hänsyn till barnens vikt.

| Ålder | Vikt |
|------------|------------|
| 0 – 6 mån | <7 kg |
| 7 – 11 mån | 7 – 10 kg |
| 1 – 5 år | 10 – 20 kg |
| 6 – 10 år | 20 – 30 kg |
| 11 – 15 år | 30 – 50 kg |
| Vuxen | >50 kg |

5.5.3. Skånes Universitetssjukhus

LUND

På DT iCT och Brilliance 64 (Philips) används viktindelade undersökningsprotokoll. Man har enligt uppgift många protokoll.

För DT Definition Flash (Siemens) används åldersindelade undersökningsprotokoll:

- 0 – 1 år (baby)
- 1 – 12 år
- > 40 kg

För barn mellan 1-12 år används CarekV (automatisk val av rörspänning, kV, efter patientens täthet i undersökt område).

MALMÖ

På Akuten (Definition Flash, Siemens) används undersökningsprotokoll indelade efter ålder:

- 0 – 12 år
- 12 år och uppåt (dvs. vuxen individ)

På Neuro (Sensation 16, Siemens) används undersökningsprotokoll indelade efter ålder:

- 0 – 2 år
- 2 – 10 år
- 10 år och uppåt (dvs. vuxen individ)

5.5.4. Akademiska sjukhuset, Uppsala

Akademiska sjukhuset har beroende av på vilken datortomograf barnen undersöks olika åldersindelning. Detta då de olika datortomografernas exponeringsautomatik har olika förutsättningar och arbetar på olika sätt.

På Siemens Sensation 64 är indelade i åldrarna:

- 0 – 18 månader,
- 18 månader – 10 år
- 10 år och uppåt (dvs. vuxen individ)

På Siemens Definition Flash är inte undersökningsprotokollen åldersindelade.

Man hade dock nyligen skapat ett DT-Hjärna protokoll för barn mellan 0-1 år på denna DT.

6. Sammanfattning av resultat

Resultaten är indelade i de olika anatomiska områdena; DT Hjärna, DT Lunga, DT Buk och DT Lunga+Buk. Sammanfattning för samtliga undersökningar per sjukhus redovisas i tabellen nedan. Medan det i diagrammen är samtliga data som presenteras.

DRN har uppskattas genom framtagandet av 75 %-kvartilen (Q3) för respektive anatomiskt område. För DT Hjärna har ålder används som enda parameter medan för de övriga undersökningar så har DRN för både ålder och kroppsvikt bestämts.

Värt att notera är att det är olika insamlingsperioder, men att alla undersökningar är utförda mellan 2010 och 2013 varav merparten är utförda under 2012-2013.

6.1. DT Hjärna

I tabellen nedan sammanfattas stråldosdata för DT Hjärna per sjukhus. I Bilaga B redovisas stråldosdata för varje anatomiskt område och sjukhus i diagramform.

Tabell 4. Medel-, min-, och max-värden av CTDI_{vol} och DLP för DT Hjärna för de olika röntgenavdelningarna samt antalet undersökningar i varje åldersintervall. För DSBUS redovisas patienterna uppdelade på använt undersökningsprotokoll. Samtliga dosdata gäller för 16 cm fantomet.

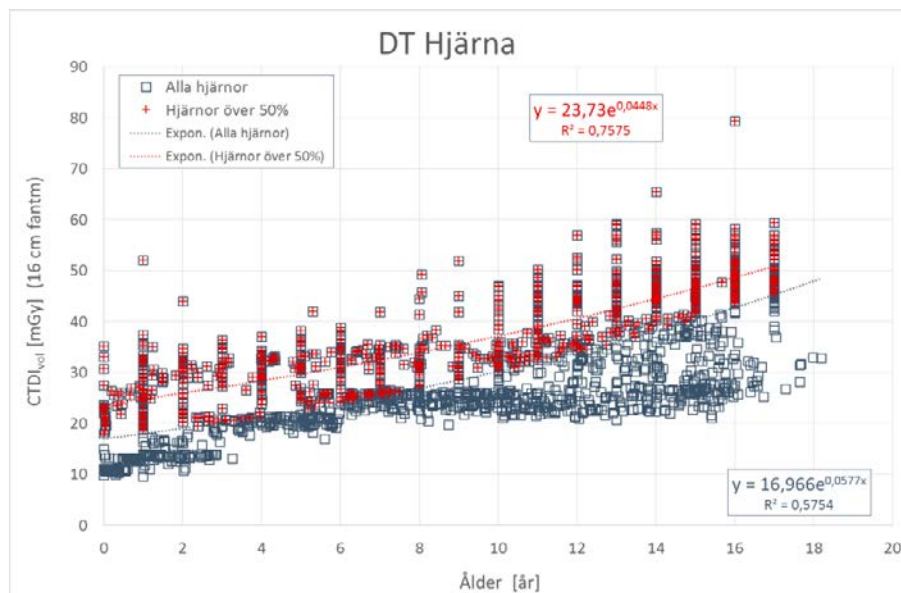
| DT Hjärna | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Sjukhus | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| ALB | | | | | | | | | | |
| antal | 22 | | 45 | | 53 | | 64 | | - | |
| medel | 23 | 333 | 31 | 520 | 35 | 616 | 37 | 675 | - | - |
| min | 14 | 189 | 21 | 345 | 31 | 534 | 23 | 451 | | |
| max | 27 | 429 | 42 | 739 | 49 | 866 | 48 | 947 | | |
| DSBUS ASiR 30%-teknik | | | | | | | | | | |
| antal | 15 | | 41 | | 61 | | 57 | | 1 | |
| medel | 12 | 146 | 20 | 286 | 27 | 398 | 35 | 534 | 37 | 597 |
| min | 11 | 112 | 14 | 167 | 24 | 341 | 30 | 421 | | |
| max | 13 | 186 | 26 | 413 | 38 | 529 | 40 | 709 | | |
| DSBUS ASiR 50%-teknik | | | | | | | | | | |
| antal | 105 | | 169 | | 196 | | 215 | | 22 | |
| medel | 11 | 145 | 18 | 269 | 24 | 359 | 26 | 402 | 30 | 471 |
| min | 10 | 112 | 11 | 164 | 20 | 246 | 21 | 301 | 25 | 375 |
| max | 13 | 212 | 28 | 413 | 33 | 493 | 39 | 631 | 36 | 586 |
| DSBUS Shunt-us | | | | | | | | | | |
| antal | 1 | | 14 | | 15 | | 15 | | 7 | |
| medel | 7 | 104 | 10 | 159 | 11 | 162 | 13 | 216 | 14 | 218 |
| min | | | 10 | 122 | 6 | 93 | 11 | 157 | 14 | 86 |
| max | | | 11 | 203 | 11 | 179 | 15 | 259 | 16 | 259 |

Tabell 4. fortsättning

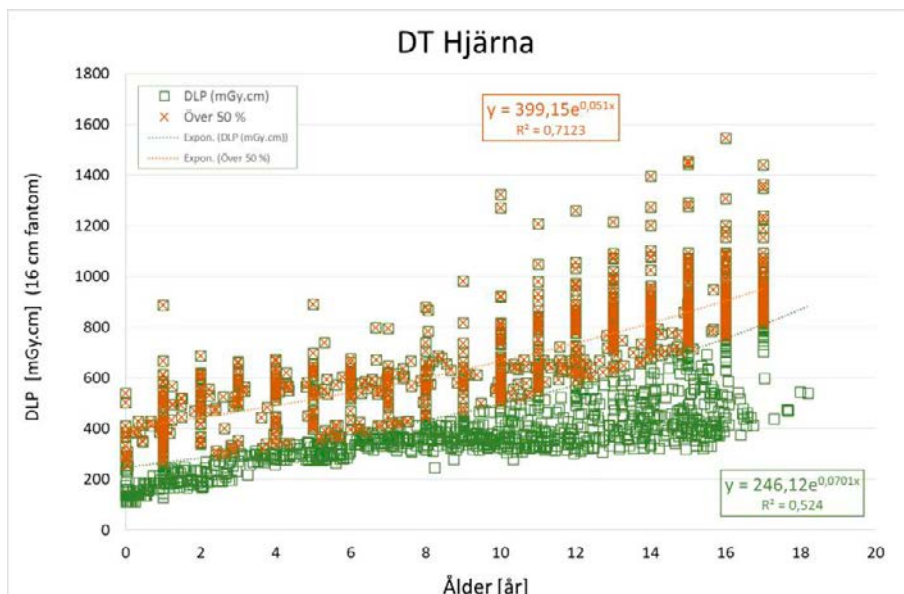
| | | | | | | | | | | |
|---------------------|----|-----|----|-----|----|------|-----|------|-----|------|
| Skåne, Lund | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| antal | - | | 33 | | 30 | | 158 | | 106 | |
| medel | - | - | 20 | 357 | 36 | 658 | 46 | 862 | 48 | 915 |
| min | | | 10 | 128 | 23 | 479 | 30 | 494 | 38 | 730 |
| max | | | 31 | 611 | 47 | 922 | 57 | 1454 | 57 | 1441 |
| Skåne, Malmö | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| antal | 2 | | 50 | | 43 | | 76 | | 74 | |
| medel | 17 | 233 | 27 | 431 | 29 | 484 | 47 | 824 | 51 | 892 |
| min | 15 | 175 | 16 | 232 | 23 | 344 | 21 | 396 | 43 | 665 |
| max | 18 | 291 | 52 | 885 | 52 | 982 | 66 | 1102 | 79 | 1545 |
| Uppsala | | | | | | | | | | |
| antal | 11 | | 91 | | 85 | | 110 | | 71 | |
| medel | 26 | 381 | 30 | 546 | 34 | 621 | 42 | 767 | 46 | 833 |
| min | 22 | 236 | 19 | 272 | 25 | 474 | 26 | 438 | 34 | 630 |
| max | 35 | 540 | 44 | 890 | 47 | 1322 | 55 | 1013 | 55 | 996 |

ASiR (Adaptive Statistical iterative Reconstruction) är namnet på tillverkarens iterativa rekonstruktionsmetod. Procentsatsen anger graden som använts och resterande del är framtagen med filtrerad bakåtprojektion.

För DT Hjärna har 2 006 stycken rutinundersökningar inkluderats i diagrammen över $CTDI_{vol}$ respektive DLP nedan och i beräkningen av 50 % kvartilen (Q2) och av 75 % kvartilen (Q3). För bestämning av 75 % kvartilen har endast de datapunkter som ligger över 50 % kvartilen tagits med i beräkningen. I diagrammen illustreras detta genom att dessa punkter har dubbla symboler.



Figur 1. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av patientens ålder för samtliga DT hjärnundersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Ekvation för 50 %-kvartilen (blå) och 75 %-kvartilen (röd) har beräknats och anges i diagrammet.



Figur 2. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för samtliga DT hjärnundersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Ekvationerna för 50 % -kvartilen (grön) och 75 % -kvartilen (orange) har beräknats och anges i diagrammet.

För $CTDI_{vol}$ för DT Hjärna blir då ekvationen för 75 % kvartilen;

$$(CTDI_{vol})_{DT\ Hjärna} = 23,73e^{0,0448 \times \text{ålder}}$$

Medan motsvarande för DLP blir;

$$(DLP)_{DT\ Hjärna} = 399,15e^{0,051 \times \text{ålder}}$$

Man kan även beräkna Q2 och Q3 per åldersintervall och dessa data presenteras i tabellen nedan.

Tabell 5. Medel, 50 % kvartil och 75 % kvartil för $CTDI_{vol}$ och DLP för samtliga DT Hjärna rutinundersökningar per åldersintervall. Totalt 2 006 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

| DT Hjärna | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| antal | 155 | | 429 | | 468 | | 680 | | 274 | |
| 75% kvartil | 13,3 | 186 | 29,5 | 514 | 32,2 | 575 | 45,1 | 822 | 49,7 | 924 |
| 50 % kvartil (median) | 11,2 | 156 | 21,2 | 341 | 26,1 | 413 | 37,8 | 650 | 46,4 | 853 |
| medel | 14,2 | 189 | 23,3 | 381 | 28,7 | 471 | 37,4 | 652 | 46,5 | 851 |

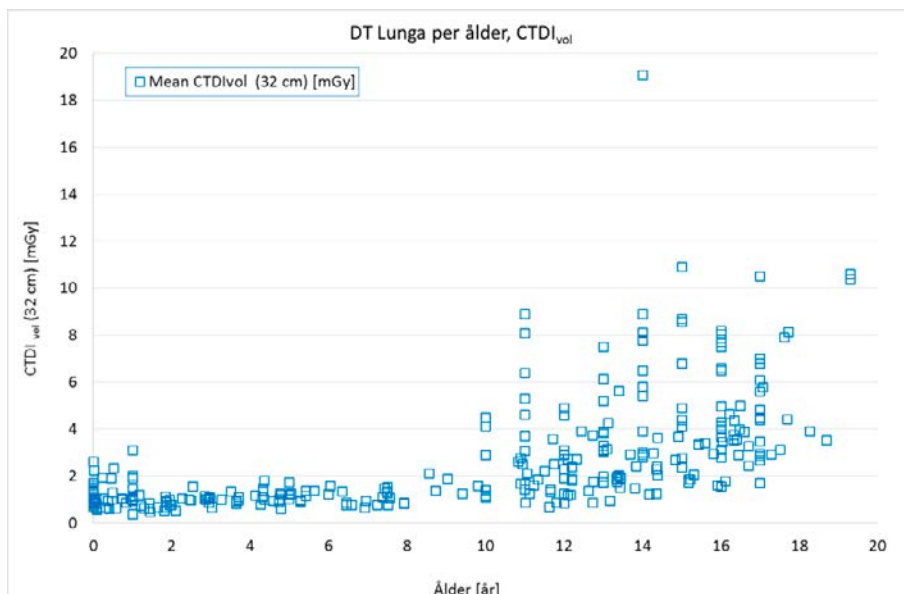
6.2. DT Lunga

I tabellen nedan sammanfattas stråldosdata för DT Lunga per sjukhus. I Bilaga B redovisas stråldosdata för varje anatomiskt område och sjukhus i diagramform.

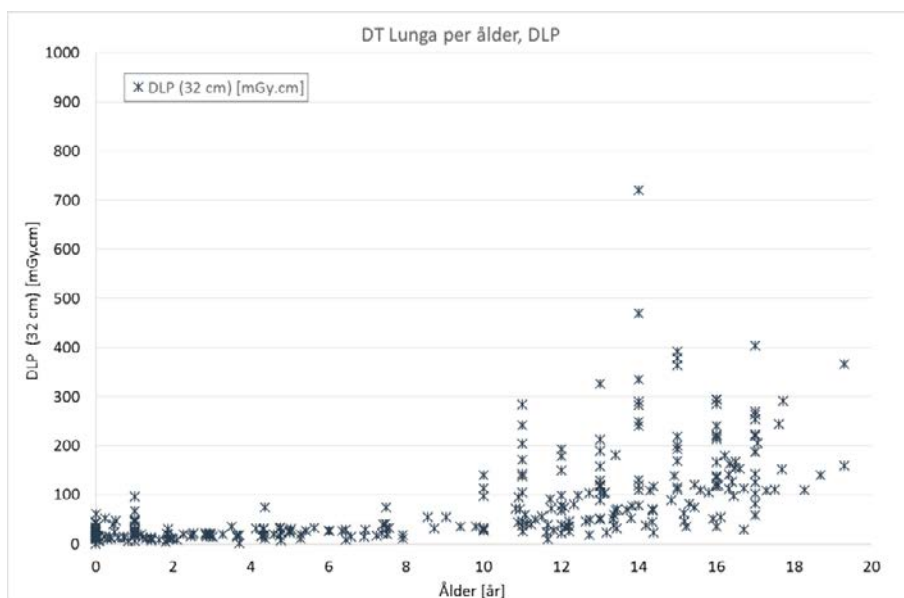
Tabell 6. Medel-, min-, och max-värden av CTDI_{vol} och DLP för DT Lunga för de olika röntgenavdelningarna samt antalet undersökningar i varje åldersintervall. Totalt 314 undersökningar. Samtliga dosvärden gäller för 32 cm CTDI-fantommet.

| DT Lunga | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Sjukhus | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| ALB | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 15 | | 10 | | 1 | | 5 | | 8 | |
| medel | 1,2 | 25 | 1,2 | 26 | 1,6 | 27 | 2,9 | 86 | 3,7 | 130 |
| min | 0,6 | 6 | 0,9 | 18 | - | - | 1,8 | 62 | 2,9 | 98 |
| max | 2,3 | 61 | 1,4 | 36 | - | - | 4,3 | 105 | 5,8 | 205 |
| | | | | | | | | | | |
| DSBUS | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 12 | | 45 | | 25 | | 50 | | 15 | |
| medel | 0,9 | 11 | 1,0 | 19 | 1,4 | 37 | 2,1 | 62 | 5,2 | 164 |
| min | 0,6 | 6 | 0,5 | 2 | 0,7 | 8 | 0,7 | 10 | 1,2 | 29 |
| max | 1,1 | 16 | 1,8 | 74 | 2,8 | 94 | 5,6 | 182 | 10,6 | 367 |
| | | | | | | | | | | |
| Skåne, Lund | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 25 | | 15 | | - | | 48 | | 17 | |
| medel | 1,3 | 24 | 1,5 | 38 | - | - | 4,7 | 177 | 6,1 | 231 |
| min | 0,7 | 11 | 1,0 | 16 | - | - | 0,8 | 22 | 3,1 | 117 |
| max | 4,1 | 85 | 3,1 | 96 | - | - | 19 | 720 | 10,5 | 404 |
| | | | | | | | | | | |
| Skåne, Malmö | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 1 | | 3 | | 1 | | 8 | | 10 | |
| medel | 0,9 | 31 | 1,0 | 19 | 1,2 | 27 | 3,7 | 130 | 3,2 | 121 |
| min | - | - | 0,4 | 6 | - | - | 1,2 | 39 | 1,6 | 35 |
| max | - | - | 1,7 | 28 | - | - | 8,1 | 335 | 5,0 | 219 |

För DT Lunga har 314 stycken rutinundersökningar inkluderats i diagrammen över CTDI_{vol} respektive DLP som funktion av patientens ålder nedan.



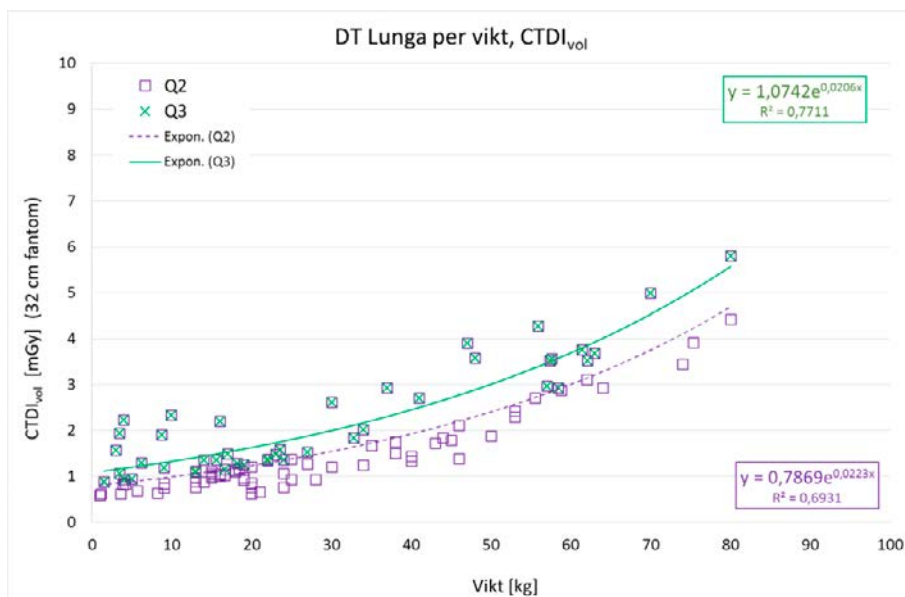
Figur 3. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för samtliga 314 DT lungundersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



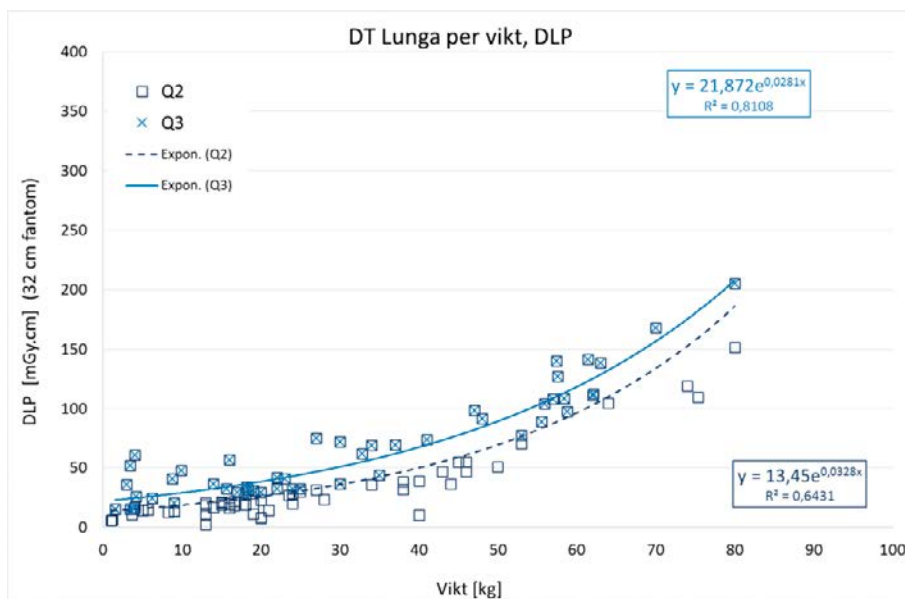
Figur 4. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för samtliga 314 DT lungundersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

För bestämning av 75 % -kvartilen (Q3) ur diagrammet nedan har endast de 102 patienter vars kroppsvikt var känd (samtliga från ALB och DSBUS) inkluderats. Endast de datapunkter som ligger över 50 % -kvartilen (Q2) tagits med i beräkning-

en av 75 %-kvartilen. I diagrammen nedan illustreras detta genom att dessa punkter har dubbla symboler.



Figur 5. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens kroppsvikt för DT lungundersökningar. Q2 (lila) och Q3 (grön). Totalt antal undersökningar är 102 stycken. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 6. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens kroppsvikt för DT lungundersökningar. Q2 (ljusblå kryss) och Q3 (mörkblå kvadrat). Totalt antal undersökningar är 102 stycken. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

Ur diagrammet i Figur 5 kan ekvationen för 75 % kvartilen (Q3) för CTDI_{vol} för DT Lunga bestämmas och blir då;

$$(CTDI_{vol})_{DT\ Lunga} = 1,0742e^{0,0206 \times vikt}$$

Medan motsvarande för DLP från Figur 6 blir;

$$(DLP)_{DT\ Lunga} = 21,872e^{0,0281 \times vikt}$$

Man kan även beräkna Q2 och Q3 per åldersintervall och dessa data tillsammans med medelvärde och antal presenteras i Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Medel, 50 % kvartil och 75 % kvartil för CTDI_{vol} och DLP för samtliga DT Lunga undersökningar per åldersintervall. Totalt antalet DT lungundersökningar är 314 stycken. Samtliga data gäller för 32 cm fantomet.

| DT Lunga | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| <i>antal</i> | 51 | | 73 | | 27 | | 111 | | 50 | |
| 75% kvartil | 1,4 | 25 | 1,2 | 28 | 1,6 | 43 | 4,0 | 139 | 6,4 | 222 |
| 50 % kvartil (median) | 1,0 | 16 | 1,0 | 20 | 1,3 | 32 | 2,9 | 89 | 4,2 | 154 |
| medel | 1,1 | 20 | 1,1 | 24 | 1,4 | 36 | 3,4 | 118 | 4,9 | 173 |

6.3. DT Buk

I tabellen nedan sammanfattas stråldosdata för DT Buk per sjukhus. I Bilaga B redovisas stråldosdata för varje anatomiskt område och sjukhus i diagramform.

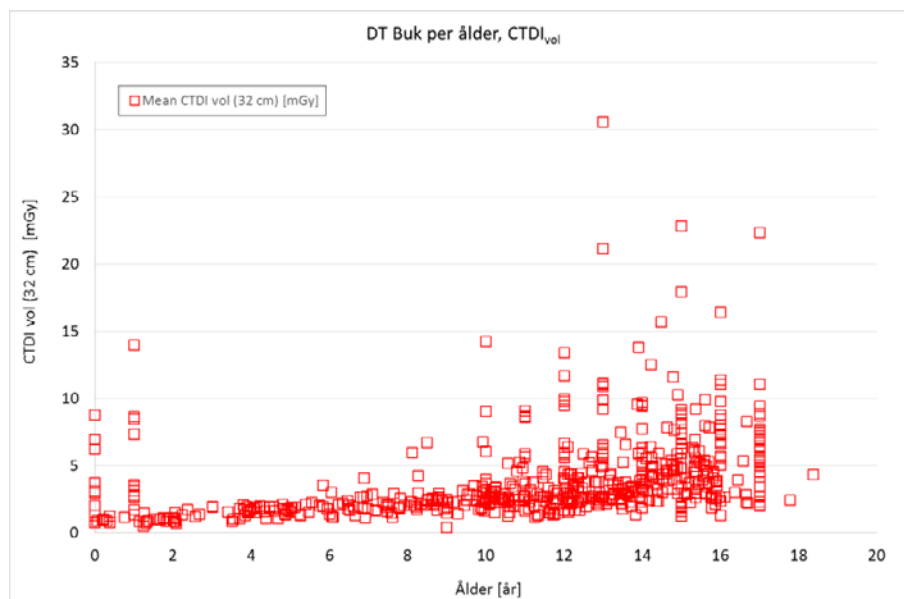
Tabell 8. Medel-, min-, och max-värden av CTDI_{vol} och DLP för DT Buk för de olika röntgenavdelningarna samt antalet undersökningar i varje åldersintervall. Totala antalet DT bukundersökningar är 621 stycken. Samtliga dosvärden gäller för 32 cm CTDI-fantomet.

| DT Buk | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Sjukhus | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| ALB | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | - | | 24 | | 75 | | 55 | | 1 | |
| medel | - | - | 1,9 | 63 | 2,5 | 102 | 4,5 | 217 | 4,5 | 446 |
| min | | | 1,6 | 51 | 1,7 | 23 | 2,2 | 94 | - | - |
| max | | | 2,2 | 77 | 5,2 | 247 | 15,7 | 842 | - | - |

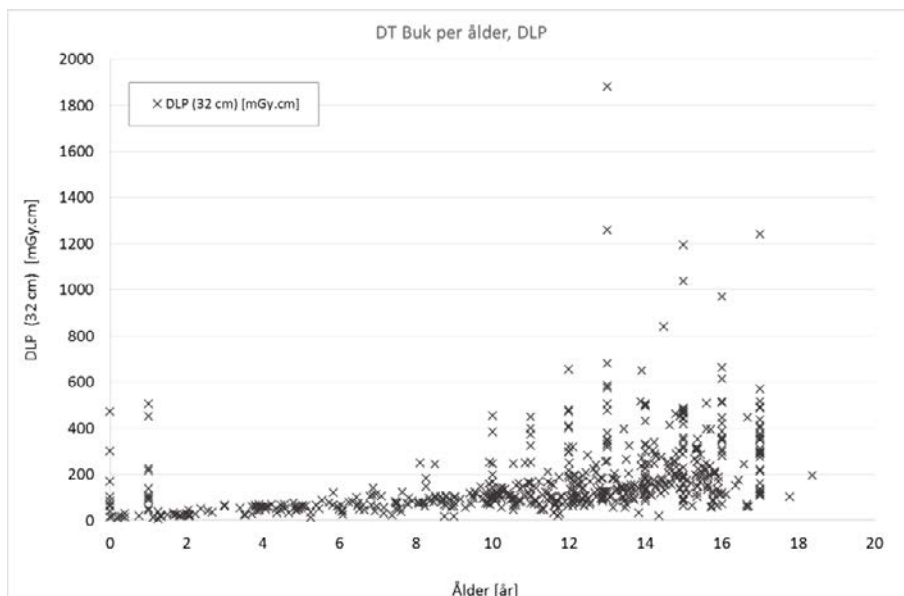
Tabell 8. fortsättning

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|
| DSBUS | | | | | | | | | | |
| antal | 8 | | 46 | | 57 | | 189 | | 12 | |
| medel | 1 | 18 | 1,3 | 36 | 2,6 | 96 | 3,7 | 154 | 3,2 | 129 |
| min | 0,8 | 11 | 0,5 | 7,3 | 1,2 | 19 | 1,2 | 22 | 2,2 | 59 |
| max | 1,3 | 32 | 3,6 | 122 | 6,8 | 252 | 13,9 | 650 | 5,4 | 245 |
| Skåne, Lund | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| antal | 5 | | 12 | | 7 | | 59 | | 25 | |
| medel | 3,6 | 86 | 5,0 | 178 | 6,1 | 244 | 8,7 | 459 | 8,0 | 430 |
| min | 1,3 | 42 | 1,4 | 45 | 2,4 | 114 | 3,7 | 140 | 3,6 | 119 |
| max | 7,0 | 171 | 14,0 | 505 | 14,3 | 455 | 30,6 | 1882 | 22,4 | 1241 |
| Skåne, Malmö | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| antal | 3 | | 3 | | 4 | | 22 | | 14 | |
| medel | 5,7 | 293 | 1,8 | 61 | 1,6 | 65 | 3,1 | 133 | 4,3 | 220 |
| min | 2,1 | 104 | 1,6 | 54 | 0,4 | 19 | 1,3 | 64 | 1,3 | 73 |
| max | 8,8 | 473 | 2,0 | 68 | 2,5 | 100 | 6,6 | 322 | 8,0 | 387 |

För DT Buk har 621 stycken rutinundersökningar inkluderats i diagrammen över CTDI_{vol} respektive DLP som funktion av patientens ålder, se diagram nedan.

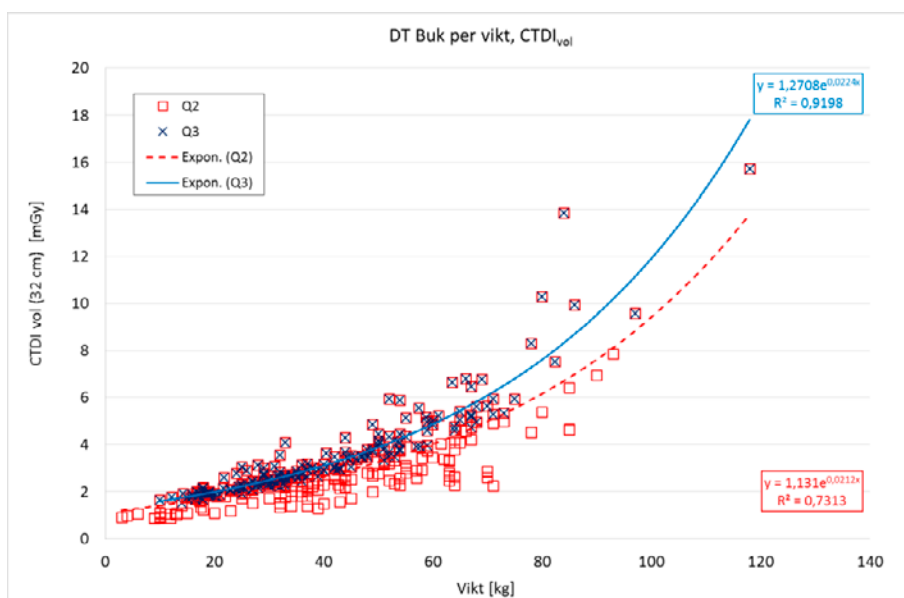


Figur 7. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för samtliga 621 DT bukundersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

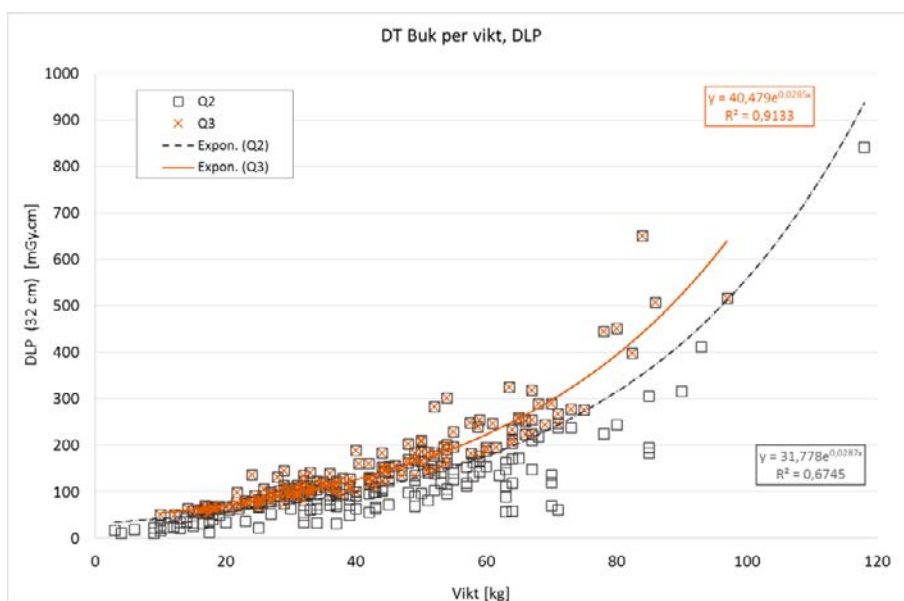


Figur 8. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för samtliga 621 DT bukundersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

För DT Buk har endast de 304 undersökningar där patientens kroppsvikt var känd (samtliga från ALB och DSBUS) inkluderats i diagrammen över $CTDI_{vol}$ respektive DLP nedan och i beräkningen av 50 % kvartilen (Q2) och av 75 % kvartilen (Q3). För bestämning av 75 % kvartilen har endast de datapunkter som ligger över 50 % kvartilen tagits med i beräkningen. I diagrammen illustreras detta genom att dessa punkter har dubbla symboler.



Figur 9. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av patientens kroppsvikt för DT bukundersökningar. Q2 (röd kvadrat) och Q3 (blå kryss). Totala antalet DT bukundersökningar är här 304 stycken. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 10. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens kroppsvikt för DT bukundersökningar. Q2 (grå kvadrat) och Q3 (orange kryss). Totala antalet DT bukundersökningar med är här 304 stycken. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

För $CTDI_{vol}$ för DT Buk blir då ekvationen för 75 % kvartilen (Q3);

$$(CTDI_{vol})_{DT\ Buk} = 1,2708e^{0,0224 \times vikt}$$

Medan motsvarande för DLP blir;

$$(DLP)_{DT\ Buk} = 40,479e^{0,0285 \times vikt}$$

Man kan även beräkna Q2 och Q3 per åldersintervall och dessa data tillsammans med medelvärde och antal presenteras i Tabell 9 nedan.

Tabell 9. Medel, 50 % kvartil och 75 % kvartil för $CTDI_{vol}$ och DLP för samtliga DT Buk undersökningar per åldersintervall. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

| DT Buk | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) | $CTDI_{vol}$ (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| antal | 16 | | 85 | | 143 | | 320 | | 56 | |
| 75% kvartil | 3,3 | 91 | 2,0 | 66 | 2,9 | 117 | 5,4 | 256 | 7,8 | 413 |
| median | 1,3 | 37 | 1,6 | 52 | 2,4 | 96 | 3,8 | 163 | 5,6 | 301 |
| medel | 2,7 | 91 | 2,0 | 64 | 2,7 | 105 | 4,6 | 214 | 6,2 | 324 |

6.4. DT Lunga+Buk

I tabellen nedan sammanfattas stråldosdata för DT Lunga+Buk per sjukhus. I Bilaga B redovisas stråldosdata för varje anatomiskt område och sjukhus i diagramform.

Tabell 10. Medel-, min-, och max-värden av CTDI_{vol} och DLP för DT Lunga+Buk för de olika röntgenavdelningarna samt antalet undersökningar i varje åldersintervall. Samtliga dosvärden gäller för 32 cm CTDI-fantomet.

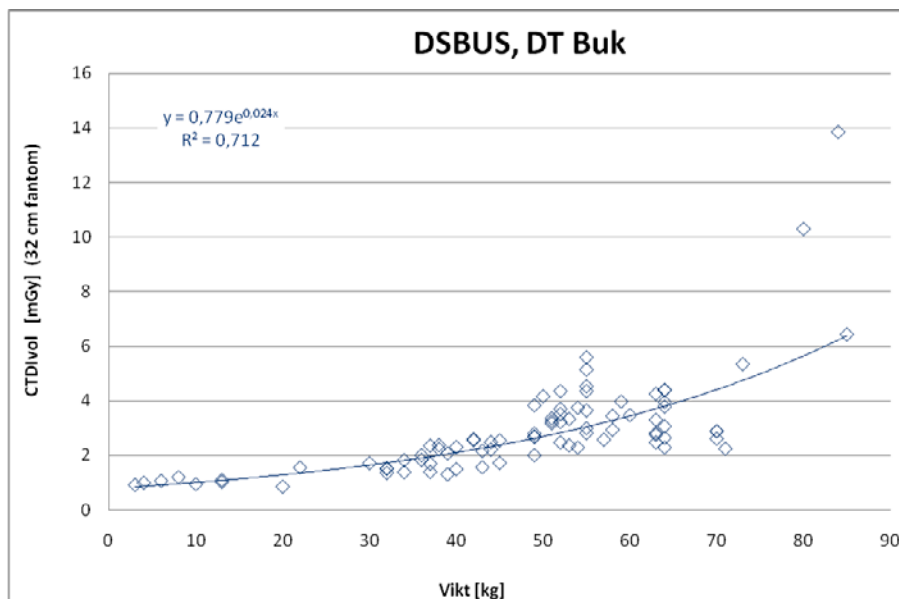
| DT Lunga+Buk | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Sjukhus | 0 – 11 mån | | 1 – 5 år | | 6 -10 år | | 11 – 15 år | | ≥16 år (vuxna) | |
| | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) | CTDI _{vol} (mGy) | DLP (mGy.cm) |
| ALB | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 4 | | 3 | | 8 | | 5 | | - | |
| medel | 2,0 | 57 | 2,5 | 110 | 4,4 | 234 | 7,9 | 520 | - | - |
| min | 1,0 | 30 | 2,0 | 89 | 1,9 | 98 | 3,1 | 146 | - | - |
| max | 3,2 | 106 | 3,1 | 134 | 7,5 | 411 | 11,3 | 795 | - | - |
| DSBUS | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 1 | | 22 | | 17 | | 23 | | 3 | |
| medel | 1,2 | 30 | 1,1 | 43 | 1,8 | 95 | 2,9 | 170 | 5,8 | 371 |
| min | - | - | 0,8 | 27 | 0,9 | 45 | 1,5 | 70 | 2,8 | 179 |
| max | - | - | 1,6 | 66 | 2,2 | 122 | 4,8 | 290 | 8,1 | 507 |
| Skåne, Lund | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 10 | | - | | 2 | | 6 | | 6 | |
| medel | 5,5 | 234 | - | - | 7,8 | 370 | 7,9 | 600 | 11,1 | 932 |
| min | 1,2 | 46 | | | 2,3 | 143 | 6,6 | 354 | 5,4 | 490 |
| max | 9,8 | 650 | | | 13,2 | 597 | 11,0 | 1000 | 21,8 | 1675 |
| Skåne, Malmö | | | | | | | | | | |
| Samtliga rum | | | | | | | | | | |
| <i>antal</i> | 2 | | 2 | | - | | 5 | | 5 | |
| medel | 3,8 | 256 | 1,8 | 85 | - | - | 4,2 | 353 | 6,5 | 529 |
| min | 0,9 | 41 | 1,5 | 83 | | | 1,8 | 157 | 3,2 | 296 |
| max | 6,7 | 470 | 2,1 | 87 | | | 8,7 | 602 | 14,8 | 1040 |

Då antalet DT Lunga+Buk undersökningar är strax över 100 till antalet och då stråldosernas variation är mycket hög mellan patienterna har vi valt att inte bestämma DRN (Q2 och Q3) för dessa undersökningar.

6.5. Size-Specific Dose Estimate

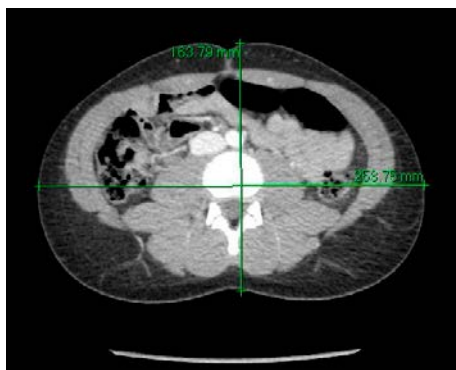
6.5.1. Exempel; DT Buk

För ett urval av DSBUS patienterna (55 av 84) med känd vikt och som undersökts med standard DT buk protokollet har Size-Specific Dose Estimate (SSDE) beräknats.



Figur 11. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens vikt för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, onkologi och appendicit men endast för de patienter där patientens vikt är registrerad. I diagrammet är även en exponentiell trendlinje och dess ekvation inkluderad. Totalt 84 patienter. Samtliga dosvärden gäller för 32 cm CTDI-fantomet.

Anterior –posterior (AP) och lateral (LAT) måtten mäts upp i isocenternivå, då det är där exponeringsautomatiken har ”känt” av patientens täthet, se Figur 13. I de fall då patienten varit felcentrerad i gantryt (t.ex. fel bordshöjd för att patientmitten skall vara exakt i isocentrum) så har tvärsnittet ändå mätts i isocentrum.

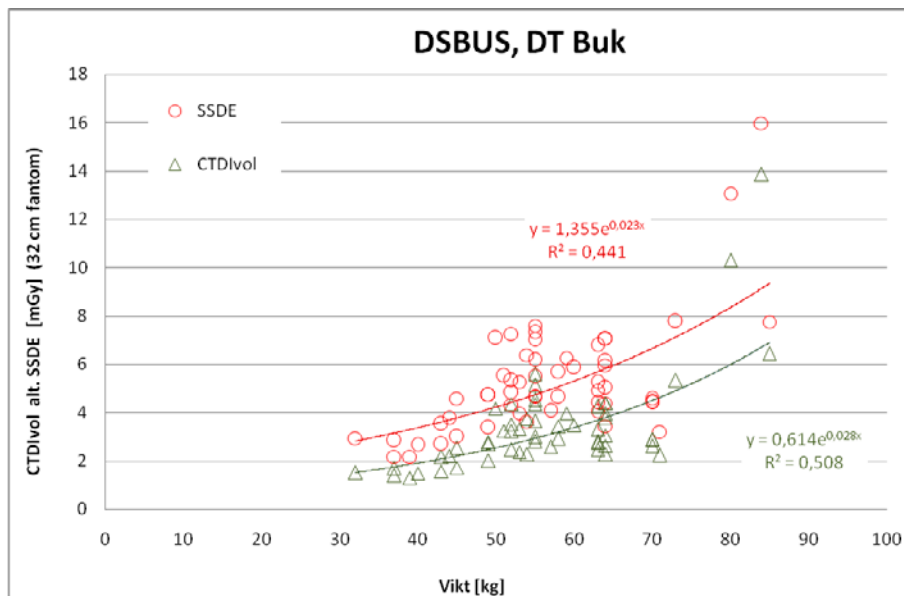


Figur 12. Pojke på 12,3 år (vikt 45 kg) som undersökts med DT Bukprotokoll på DSBUS. Bilden visar var AP respektive LAT måtten har tagits. Här bestämdes AP måttet till 16,4 cm och LAT måttet till 25,4 cm. Måtten är bestämda i datortomografens rotationscentrum (isocentrum).

För patienten i Figur 13 bestämdes AP måttet till 16,4 cm och LAT måttet till 25,4 cm. Detta ger en effektiv diameter på 20,4 cm. Ur Table 1D i AAPM report 204⁹ fås

⁹ American Association of Physicists in Medicine. AAPM report 204. **Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations.** (2011)

då att konversionsfaktorn är 1,74 och den skall multipliceras med det av DT angivna $CTDI_{vol}$ värdet. Här var det angivna $CTDI_{vol}$ värdet 1,72 mGy vilket ger ett SSDE värde på 3,0 mGy ($=1,74 \times 1,72$ mGy).



Figur 13. $CTDI_{vol}$ (röda ringar, mGy) som funktion av patientens vikt för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, onkologi och appendicit men endast för de patienter där patientens vikt är registrerad och SSDE (gröna trianglar, mGy) har bestämts. I diagrammet är även exponentiella trendlinjer och dess ekvationer inkluderade. Både undersökningar med ASiR 30 % och 70 % ingår. Totalt antal patienter är 55 stycken. Samtliga dosvärden gäller för 32 cm CTDI-fantommet.

I Figur 14 kan skillnaden mellan $CTDI_{vol}$ och SSDE ses och för dessa 55 patienter är den beräknade konversionsfaktorn i medeltal=1,60, medianvärdet=1,62, min.värdet=1,15 och max.värdet=1,96.

Se även kapitel 8.4 för ytterligare beskrivning av SSDE.

7. Diskussion och Slutsatser

Ur litteraturstudien framgår att det är en stor spridning i världen vad det gäller stråldosnivåerna vid DT undersökningar av barn. Samtliga artiklar beskriver problemet med att kunna få tillräckligt många patienter i sina åldersgrupper.

De studier som utförts de senaste 10-15 åren visar också på att teknikutvecklingen kraftigt har gått framåt inom DT, men att det trots detta fortfarande kan finnas singelsnitts DT utan exponeringsautomatik (rörströmsmodulering) i klinisk drift. När insamlingstiden är lång är det mer regel än undantag att förändringar har gjorts i undersökningsprotokollen. Så om man verkligen vill veta vad man jämför bör insamlingsperioden hållas kort eller så måste protokoll- och exponeringsdata samlas in.

Införandet av iterativ rekonstruktion av bilderna finns sedan några år tillbaka, men vi har fortfarande inte sett dess fulla potential ännu. Lite hur det påverkar stråldoserna har här kunnat beläggas med några av DT Buk undersökningarna från DSBUS (användandet av ASiR 70 % istället för ASiR 30 %). Hur stor dosreduktionen kan bli beror av patientens storlek. För en patient på ca 43 kg var en dosreduktion på 40 % möjlig. Men hur stor dosreduktionen blir är ju beroende av dosnivån man startat på.

Då antalet DT av barn utgör ca 1 % av totala antalet DT undersökningar i Sverige visade det sig inte vara praktiskt att genomföra studien på andra ställen än de dedicerade barnsjukhusen och på sjukhus som har barnradiologi. I studien har därför DT av barn utförda på Astrid Lindgrens barnsjukhus, Drottning Silvias barn och ungdomssjukhus, Skånes universitetssjukhus och Akademiska sjukhuset inkluderats. Tiden för insamling av stråldosdata har varierat mellan röntgenavdelningarna och beroende på typ av undersökning. Snabbast har DT Hjärna gått att samla in, förutom i Lund, som i merparten av sina fall väljer magnetkameraundersökning. Medan DT Lunga, DT Buk och DT Lunga+Buk har tagit längre tid för att få undersökningar i varje åldersintervall. Vi har i vissa fall samlat data i över 18 månader men har ändå svårt att få tillräckligt många undersökningar.

Utan tillgång till stråldosregistreringsmjukvaror med automatisk registrering av stråldosdata hade det inte blivit någon studie. Det kommer med största sannolikhet att vara ett krav för framtida bestämningar av DSD och vid optimeringar.

För DT Hjärna, DT Buk och DT Lunga har DRN fastställts genom sammanslagning av alla data. Ur dessa data presenteras åldersbaserade och åldersindelade beräkningar av 75 % kvartilen. För de patienter där kroppsvikten var känd har data kurvanpassats och ekvationen kan användas som en guide om man ökat eller minskat sina dosnivåer sedan förra kontrollen. Den senare metoden har fördelen med att man kan använda alla patienters data ihop, dvs. inte behöva vänta på att få ihop tillräckligt med data i varje enskilt åldersintervall, bara man har tillgång till kroppsvikt. DRN för DT Hjärna bör inte ha kroppsvikt utan ålder som parameter.

I materialet kan man se att stråldoserna varierar över landet. För en DT Hjärna av en 6-10 åring så kunde den på de studerade röntgenavdelningarna utföras med ett $CTDI_{vol}$ värde mellan 24 och 35 mGy. Om samma exponeringsinställningar använts på ett mindre sjukhus i landet är det inte säkert att bilderna upplevts ha diagnostisk kvalitet av den klinikers radiologer då de troligen inte är specialister i barnradiologi. Nationella DRN skulle då upplevas som ointressanta och höga för en dedicerad barnradiologisk avdelning medan kliniken på det mindre sjukhuset troligen får svårt

att komma under DRN. Båda klinikerna skulle troligen tappa lite av motivationen. Man bör istället använda lokala-DRN för att följa upp sina egna stråldosdata på kliniken (sjukhuset/landstinget) samt jobba aktivt med att optimera varje enskilt DT-protokoll

Gränsen för att DSD inte behöver bestämmas då maximalt antal undersökningar inte överstiger 100 per år är inte relevant om man strävar efter att DSD skall bestämmas för DT av barn.

Med dagens exponeringsautomatiksystem måste man röntga för att få fram stråldosdata, man kan alltså inte bara studera protokollens exponeringsparametrar i sig. Ett alternativ för att testa protokollen är att låta DRN vara ett värde för undersökningen av ett känt objekt, t.ex. ett eller båda CTDI-fantomerna (diameter på 16 cm resp. 32 cm plexiglas) kan vara lämpliga om man inte har tillgång till antropomorfa fantom. Valt fantom skulle då kunna undersökas med samtliga barn DT protokoll och ge en uppfattning om förväntad stråldosnivå till patienterna. Jämför denna metod med fantomkontrollerna för att bestämma stråldosen till bröstkörteln inom mammografin.

Bestämning av effektiv dos kan göras då det finns föreslagna konversionsfaktorer. E_{DLP} dock är de från 2004. Men skall det göras? Det är många antaganden som skall göras vid valet av faktor och de som finns gäller t.ex. för 120 kV medan vi idag kan använda rörspänningar mellan 70-100 kV, speciellt för barnen.

Det som borde vara mer intressant är att titta på stråldosen till vissa organ. En bättre uppskattning av organstråldoserna fås genom användandet av Size-specific dose estimate (SSDE), som korrigerar $CTDI_{vol}$ -värdet för 32 cm fantomet m.a.p. patientens effektiva diameter i det undersökta området. För de DT buk undersökningarna där bestämning av SSDE genomfördes visade att konversionsfaktorn för de ingående patienterna var 1,6, alltså 1,6 gånger högre stråldos än det av DTn angivna $CTDI_{vol}$ -värdet. Stråldosen till patienten blir alltså bättre uppskattad om $CTDI_{vol}$ korrigeras till SSDE, men detta måste utföras med automatik då manuellt förfarande inte är att rekommendera.

8. Bilaga A. Storheter för stråldos

8.1. Storheter för stråldos inom datortomografi

För datortomografiundersökningar behövs 2 storheter för att beskriva den stråldos som patienten erhållit vid undersökningen; $CTDI_{vol}$ (Computed Tomography Dose Index by volume) och DLP (Dose-length product eller Dos-längd produkt). $CTDI_{vol}$ är storheten som definierar medelstråldosen i den volym av patienten som bestrålas under en gantryrotation (med 1 gantryrotation menas ett varv som röntgenrör och detektorbåge roterar runt patienten). Enheten är mGy.

Storheten vi bestämmer är $CTDI_w$ ¹⁰ som är det viktade CTDI värdet (enhet: mGy).

$$CTDI_w = \left(\frac{1}{3} \times CTDI_{100,c} + \frac{2}{3} \times CTDI_{100,p} \right)$$

där $CTDI_{100,c}$ respektive $CTDI_{100,p}$ är det med en 100 mm lång pennformad jonisationskammare central respektive perifert placerad i CTDI-fantomet uppmätta CTDI-värdet.

$$CTDI_{vol} = CTDI_w / \text{pitch}$$

där pitch är kvoten mellan bordets förflyttning i mm under en gantryrotation och totala strålfältets kollimering i bordets längdriktning (z-led) i mm. Pitch är en dimensionslös storhet som normalt kan anta värden mellan 0,5 och 2. Pitch=1 innebär att man strålar kant-i-kant med föregående varv. Medan en pitch på 0,5 innebär att man strålar omlott med föregående varv med ökad stråldos som följd.

$CTDI_{vol}$ kan anses som en grov uppskattning på stråldosen till de organ som bestrålas. Då rörströmsmodulering använts anges $CTDI_{vol}$ -värdet som ett medelvärde av samtliga medelvärden för samtliga rotationer i serien. Vilket i sin tur leder till ökad osäkerhet i bestämningen av stråldoser till olika organ.

DLP (enhet mGy.cm) är förenklat definierat som

$$DLP \approx CTDI_{vol} \times \text{skannad längd av patienten i cm}$$

DLP kan därmed ses som uppskattning på den totala stråldosen som patienten erhållit. Men vi vet inte om denna stråldos givits till en stor eller liten del av kroppen. Vi måste alltså känna både $CTDI_{vol}$ och DLP för att kunna värdera DT undersökningens stråldosbelastning.

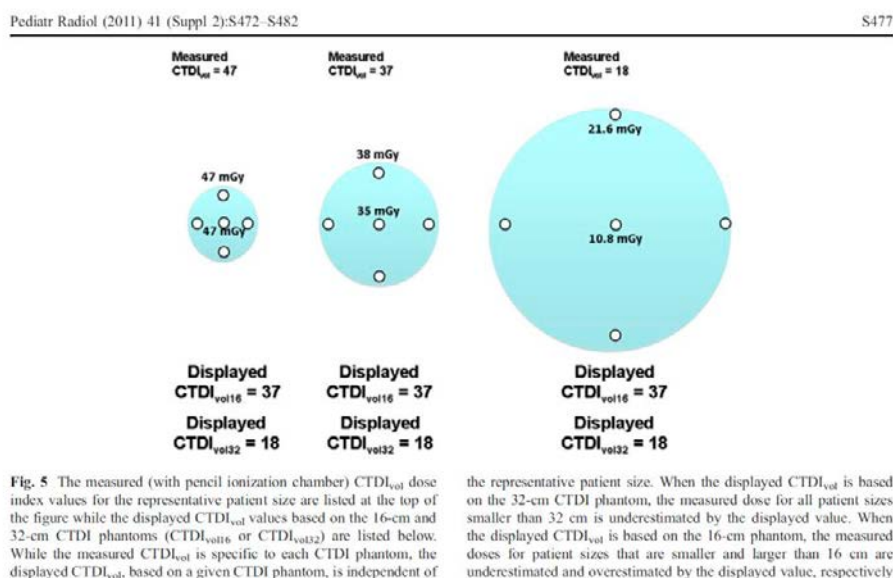
$CTDI_{vol}$ anges per serie medan DLP kan anges dels per serie dels som total DLP för hela undersökningen, dvs. för alla serier sammantaget.

DLP värdet påverkas också av hur lång patienten är – då alla undersökningar har en specifikation kring vilka organ som skall ingå.

¹⁰ Leitz W, Axelsson B, and Szendrő G. **Computed tomography dose assessment – a practical approach.** Radiat Prot Dosim, vol 57, 377-380. (1995).

Om man skall uppskatta effektiv dos (E) så utgår man från DLP-värdet och multiplicerar detta med en konversionsfaktor, E_{DLP} , som bland annat varierar med vilka organ som bestrålats, se kapitel 8.3.

Strauss and Goske¹¹ beskriver i sin artikel från 2011 svårigheten med att korrekt ange stråldosen till barn vid DT undersökningar. De illustrerar problemet bra genom att visa på mätningar av $CTDI_{vol}$ i 3 olika stora plexiglasfantom; de vanliga $CTDI$ -fantomen med en diameter på 16 cm respektive 32 cm samt ett mindre fantom på 10 cm. Överst i Figur 15 anges det uppmätta $CTDI_{vol}$ värdet för respektive fantom. Samma exponeringsparametrar har använts i alla 3 fallen. I 10 cm-fantomet blir det uppmätta $CTDI_{vol}$ värdet 47 mGy, i 16 cm-fantomet blir värdet 37 mGy och för 32 cm-fantomet blir motsvarande värde 18 mGy. Detta illustrerar tydligt att patientens storlek har stor betydelse för stråldosen, i detta fall $CTDI_{vol}$ värdet. Medan själva visningen av $CTDI_{vol}$ värdet på datortomografen görs för 16 cm fantomet för undersökningar i huvudet och för 32 cm fantomet för kroppsundersökningar. I botten av Figur 15 anges ”displayed $CTDI_{vol}$ värden” för de olika fantomstorlekarna 16 cm respektive 32 cm. Detta ”displayed $CTDI_{vol}$ värde” är det som anges av datortomografen. Störst avvikelse mellan uppmätt $CTDI_{vol}$ (47 mGy) och av datortomografen angivet värde till 32 cm fantomet (18 mGy) fås då patientens kroppsstorlek och täthet motsvarade 10 cm plexiglas.



Figur 14. Figuren hämtad från Strauss and Goske 2011 (Fig.5) och anger relationerna mellan angivet och uppmätt $CTDI_{vol}$ för olika fantomstorlekar.

Standardiseringen¹² av till vilket fantom $CTDI_{vol}$ värdena skall anges håller lite och kan variera mellan olika DT modeller och leverantörer. För huvud-undersökningar anger alla leverantörer dosdata till 16 cm fantomet medan för kroppsundersökningar anges $CTDI_{vol}$ värdena för 32 cm fantomet. Leverantören kan dock ha gjort undantag från detta när det gäller de minsta pediatriiska patienterna. Några leverantö-

¹¹ Strauss KJ and Goske MJ. **Estimated pediatric radiation dose during CT.** *Pediatr Radiol*, vol 41, suppl 2: S472-S482. (DOI 10.1007/s00247.011-2179-z). (2011).

¹² International Electrotechnical Commission (IEC). **International Standard IEC 60601-2-44 Edition 3.1, Medical electrical equipment – Part 2-44: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray equipment for computed tomography.** Geneva. (2012).

rer kan för 0-1 åringar ange $CTDI_{vol}$ för kroppen till 16 cm fantomet (istället för till 32 cm fantomet). Detta kan variera över tid och mellan olika modeller av DT och mellan mjukvaror samt mellan DT tillverkarna. Vad som gäller för den egna datortomografen hittas i den tekniska manualen och skall kunna avläsas i dosrapporten från undersökningen.

8.2. Diagnostisk referensnivå och Diagnostisk standarddos

Diagnostisk referensnivå (DRN) (alt. DRL, som står för engelskans Diagnostic Reference Level) och diagnostisk standarddos (DSD) är kända begrepp i Sverige sedan Statens Strålskyddsinstitut (SSI) gav ut sin föreskrift, SSI FS 2002:2¹³. Föreskriften har även publicerats på nytt 2008 men då i Strålsäkerhetsmyndighetens namn, SSMFS 2008:20¹⁴. DRN har av SSM fastställts för 4 datortomografiundersökningar (Hjärna, Ländrygg, Thorax/Lungor och Buk) av vuxna patienter. Ursprungligen bygger de på European Guidelines från 1999¹⁵ och DSD uppmätta i Sverige 1999. För varje datortomograf skall DSD bestämmas om man på denna utför minst 100 stycken undersökningar per år.

Diagnostiska referensnivåer och diagnostiska standarddoser är båda bra verktyg för att följa upp de på kliniken använda stråldosnivåerna för olika undersökningar. DRN sätts av SSM medan DSD är det vi bestämmer på våra röntgenavdelningar. Viktigt att tänka på vid framtagandet av både DSD och DRN är att man måste vara säker på att det är samma område i kroppen som undersöks och att det är samma medicinska frågeställning som styrts valet av använt undersökningsprotokoll.

För att det skall vara relevant att fastställa nationella DRN måste tillräckligt många röntgenavdelningar i landet utföra undersökningen. Man kan på kliniken ta fram och använda egna lokala-DRN för sina undersökningar. DRN bestäms som 75 % kvartilen (ofta betecknad Q3) av de ingående mätpunkterna, här $CTDI_{vol}$ respektive DLP. Man kan välja att titta på samtliga data eller på data i olika åldersintervall.

Insamlingen av stråldosdata måste kunna ske under en rimligt lång (läs kort) tidsperiod. Det får inte ta mer än ca 3 månader för att samla in de förutbestämda antalen patienter, som i SSMFS 2008:20 är minst 20 vuxna patienter med en kroppsvikt mellan 60 till 80 kg och med en medelvikt på 70 ± 3 kg.

För barn är det oftast svårt att samla in tillräckligt antal patienter under en rimlig tidsperiod då barnen delas in i undergrupper. Denna indelning i undergrupper baserad på ålder görs idag av historiska skäl p.g.a. att man för bara 10 år sedan inte hade tillgång till exponeringsautomatik på alla datortomografer utan personalen fick manuellt justera rörströmmen efter patientens storlek. Då var det en fördel om det fanns färdiga protokoll för olika patientstorlekar och där rörströmmen redan var lämpligt förvald.

¹³ SSI FS 2002:2. **Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter och allmänna råd om diagnostiska standarddoser och referensnivåer inom medicinsk röntgendiagnostik** (2002).

¹⁴ SSMFS 2008:20. **Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om diagnostiska standarddoser och referensnivåer inom medicinsk röntgendiagnostik** (2008).

¹⁵ European Commission. **European guidelines on quality criteria for computed tomography**. EUR 16262 EN. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities (1999).

Ändringar i undersökningsprotokollen föranleder att man på nytt bestämmer DSD. Görs många ändringar tätt innebär det att man i en mätperiod eventuellt kan inkludera olika protokollvarianter för samma frågeställning. Ibland är det inte alltid känt för de som gör DSD sammanställningen att protokollet på datortomografen har ändrats. En rekommendation är att man, när det är möjligt, t.ex. ange datum i protokollnamnet för att lättare kunna identifiera ändringar.

Många länder skiljer inte på begreppen DSD och DRN utan benämner allt som DRN. Detta innebär att man vid artikelläsning måste vara medveten om att när författarna beskrivit sin studie som en studie i DRN kan det i svenska ögon vara detsamma som en studie i DSD. Under senare år har det publicerats DRN för några DT undersökningar av barn. Ett urval av dessa redovisas nedan i Bilaga C.

Variationerna är stora för vilka datortomografer som ingått i studierna, vilka DT undersökningar som studerats, vilka åldrar barnen hade vid undersökningstillfället, hur man delat in barnen i undergrupper (t.ex. i åldersgrupper) och till vilken fantomstorlek (16 cm eller 32 cm) som stråldosdata anges.

Att teknikutvecklingen går framåt tillhör verkligheten. Men teknikutvecklingen inom datortomografin har varit enorm sedan slutet av 1990-talet då de första multisnitts datortomograferna (MSDT) började användas kliniskt. Detta har bl.a. resulterat i att man kunnat genomföra undersökningen snabbare och/eller kunnat utöka undersökt område. MSDT innebar även att snittjockleken i patientens längsriktning (z-led) reducerades kraftigt, vilket i sin tur gjorde att man erhöll betydligt bättre 3D bilder pga. volymselementens (voxel) minskade storlek. Reformaterade bilder i andra plan (frontal, coronal, sagital) får alltså bättre kvalitet genom ökad spatiell upplösning pga. minskad voxelstorlek.

Andra stora teknikutvecklingar är införandet av exponeringsautomatik och iterativa rekonstruktioner under 2000-talet.

Innan automatisk exponeringskontroll inom DT kom använde man manuell justering av rörströmmen (mA) efter patientens tjocklek. Denna justering baserades främst på en kvalificerad gissning av vilken rörström som behövdes för den aktuella patienten. För barn var detta extra viktigt att det gjordes, dock var många osäkra på hur mycket reduktion som var lämplig jämfört med den rörström som användes för normaltjocka vuxenpatienter.

Automatisk exponeringskontroll (AEC) inom DT innebär att man modulerar rörströmmen (enhet: mA) efter patientens storlek och täthet. Av de DT som idag finns i Sverige har de flesta AEC, men de har olika funktion hos sin AEC, t.ex. vad det gäller hur man ”doserar” och om man modulerar rörströmmen utefter patientens längsriktning och/eller under gantryrotationen. Idag finns det även DT som modulerar rörspänningen (kV) efter patientens storlek och täthet.

Iterativ rekonstruktion har inneburit förbättrad bildkvalitet och gett möjlighet till sänkning av stråldosen. Det finns olika typer av iterativ rekonstruktionsteknik, dels de som endast jobbar med bilddata och dels de som jobbar med rådata tillsammans en förändrad rekonstruktionsmetod. I dessa nya iterativa rekonstruktionsmetoder har man bättre kontroll på varifrån kroppen en bestämd detektorsignal kommer och hur man med bättre noggrannhet rekonstruerar fram en uppskattning på tätheten i varje enskilt volymselement i patientens kropp. Införandet av iterativ rekonstruktion har gjort det möjligt att reducera stråldosen med bibehållen eller förbättrad bildkvalitet.

Beräkningarna vid iterativ rekonstruktion är omfattande och kräver mycket datorkraft, vilket har blivit möjligt först under de senaste åren.

Sammantaget kan sägas att de senaste årens teknikutveckling inom DT har inneburit förbättrad bildkvalitet men även stora möjligheter till reduktion av stråldosen. Det finns idag en stor variation med avseende på stråldosbesparande möjligheter bland de DT som används i Sverige och i världen. Detta avspeglar sig i publicerade stråldosdata.

8.3. Effektiv dos

För att kunna göra jämförelser mellan olika typer av röntgenundersökningar används oftast Effektiv dos¹⁶ (E) trots att det inte är det ursprungliga syftet med storheten. I Kommentarer till SSI FS 2002:2¹⁷ anges konversionsfaktorer mellan uppmätta storheter och effektiv dos. För datortomografi benämns konversionsfaktorn E_{DLP} . För att uppskatta den effektiva dosen så utgår man från DLP-värdet och multiplicerar detta med konversionsfaktorn, E_{DLP} , som varierar med vilka organ som bestrålats. Enheten för E_{DLP} är mSv/mGy·cm. Nedan i Tabell 11 från Kommentarer till SSI FS 2002:2 anges de rekommenderade faktorerna för vuxna individer.

Tabell 11. Tabell hämtad från Kommentarer till SSI FS 2002:2 (Tabell 4) som anger konversionsfaktorn E_{DLP} för 5 anatomiska områden. Data gäller vuxna individer och är beräknade med utgångspunkt av viktfaktorerna i ICRP Publication 60.

Tabell 4: Omvandlingsfaktorer för beräkning av den effektiva dosen utgående från DLP²⁾

| Anatomiska området | Omvandlingsfaktor E_{DLP} (mSv/(mGy·cm)) |
|--------------------|---|
| Skalle | 0,0023 |
| Hals | 0,0054 |
| Bröstkorg | 0,017 |
| Buk | 0,015 |
| Bäcken | 0,019 |

²⁾ Från European Commission, European guidelines on quality criteria for computed tomography. (1999) EUR 16262

Dessa faktorer är framtagna med viktfaktorerna publicerade i ICRP 60¹⁸ som grund, dvs. inte uppdaterade i enlighet med ICRP 103. I ICRP 103 har man definierat en annan ”end point” än i ICRP 60. ICRP har gått från ”död i strålinducerad cancer” till ”cancerincidens”. Man kan alltså inte direkt jämföra de två sätten att uppskatta effektiv dos.

ICRP 102¹⁹ har angett värden på konversionsfaktorn k, som är deras beteckning på E_{DLP} .

¹⁶ ICRP Publication 103. Annals of the ICRP: **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. 37/2-4. (2007).

¹⁷ **Kommentarer till SSI FS 2002:2. Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter och allmänna råd om diagnostiska standarddoser och referensnivåer inom medicinsk röntgendiagnostik** (2002).

¹⁸ ICRP. Publication 60. Annals of the ICRP. **The 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection**. Oxford: Pergamon Press. (1991).

¹⁹ ICRP Publication 102. Annals of the ICRP: **Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT)**. Volume 37, Issue 1, Pages 1-80, (2007).

I Tabell 12 anges konversionsfaktorer för olika delar av kroppen för både vuxna och barn av olika åldrar. Värt att notera är att samtliga faktorer för huvud och för samtliga barnundersökningar gäller att DLP-värdena bestämts för CTDI fantomet med diametern 16 cm. Medan för kroppsundersökningar av vuxna så gäller att det är för CTDI fantomet med 32 cm i diameter som DLP-värdet skall vara bestämt för.

Tabell 12. Tabell hämtad från ICRP Publication 102 (Table A.2) som anger konversionsfaktorn k (dvs. E_{DLP}) för vuxna och barn.

Table A.2. Normalised effective dose per dose-length product (DLP) for adults (standard physique) and paediatric patients of various ages for various body regions. (Bongartz, et al. 2004, Shrimpton et al. 2006)

| Region of body | k (mSv · mGy ⁻¹ · cm ⁻¹) | | | | |
|--------------------|---|------------|------------|-------------|--------|
| | 0-year-old | 1-year-old | 5-year-old | 10-year-old | Adult |
| Head and neck | 0.013 | 0.0085 | 0.0057 | 0.0042 | 0.0031 |
| Head | 0.011 | 0.0067 | 0.0040 | 0.0032 | 0.0021 |
| Neck | 0.017 | 0.012 | 0.011 | 0.0079 | 0.0059 |
| Chest | 0.039 | 0.026 | 0.018 | 0.013 | 0.014 |
| Abdomen and pelvis | 0.049 | 0.030 | 0.020 | 0.015 | 0.015 |
| Trunk | 0.044 | 0.028 | 0.019 | 0.014 | 0.015 |

I ICRP 102 refererar man både till Bongartz et al. 2004²⁰ och Shrimpton et al. 2006²¹ men den ursprungliga publikationen är Shrimpton 2004²². Tabell 13 nedan är hämtad från Shrimpton 2004.

Tabell 13. Tabell hämtad från Shrimpton 2004 (Table 4) som anger konversionsfaktorn (dvs. E_{DLP}) för vuxna och barn.

TABLE 4 Normalised values of effective dose per dose-length product (DLP) over various body regions and (standard) patient age

| Region of body | Effective dose per DLP (mSv (mGy cm) ⁻¹) by age | | | | |
|------------------|---|-----------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | 0 ^a | 1y ^a | 5y ^a | 10y ^a | Adult ^b |
| Head & neck | 0.013 | 0.0085 | 0.0057 | 0.0042 | 0.0031 |
| Head | 0.011 | 0.0067 | 0.0040 | 0.0032 | 0.0021 |
| Neck | 0.017 | 0.012 | 0.011 | 0.0079 | 0.0059 |
| Chest | 0.039 | 0.026 | 0.018 | 0.013 | 0.014 |
| Abdomen & pelvis | 0.049 | 0.030 | 0.020 | 0.015 | 0.015 |
| Trunk | 0.044 | 0.028 | 0.019 | 0.014 | 0.015 |

^aAll data normalised to CTDI_w in the standard head CT dosimetry phantom.

^bData for the head & neck regions normalised to CTDI_w in the standard head CT dosimetry phantom; data for other regions normalised to CTDI_w in the standard body CT dosimetry phantom.

Shrimpton 2004 har gjort Monte Carlo beräkningar för att bestämma konversionsfaktorerna. Han har utgått från beräknade röntgenspektra för 3 olika singelsnitts datortomografer; Siemens DRH, GE 9800 och Philips LX. Dessa DT finns idag inte längre i bruk, i alla fall inte i Sverige. Men de täcker in en variation av olika strålkvaliteter; rörfiltreringar och bowtie filter, dock användes nog endast rörspänningen

²⁰ Bongartz G, Golding SJ, Jurik AG, Leonardi M, van Persijn van Meerten E, Rodríguez R, et al. **European Guidelines for Multislice Computed Tomography. Publication EUR 16262 EN.** Contract number FIGM-CT2000-20078-CT-TIP. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. (2004).

²¹ Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. **National survey of doses from CT in the UK: 2003.** Br J Radiol 79, 968-980. (2006).

²² Shrimpton PC. **Assessment of patient dose in CT.** Chilton, NRPB-PE/1/2004. Also published as Appendix C of the 2004 CT Quality Criteria at http://www.msct.info/CT_Quality_Criteria.htm. (2004).

120 kV på den tiden. Shrimpton 2004 beräknade organ doserna för DT undersökningar av 6 stycken olika stora geometriska matematiska fantom (MIRD) för att täcka in storleksvariationen mellan nyfödd och vuxen individ. Effektiv dos, CTDI_{vol} och DLP beräknades och därmed kunde konversionsfaktorerna bestämmas

I AAPM report 96²³ kommer samma tabell tillbaka igen, se Tabell 14 nedan. Dock var det fel på de idag gulmarkerade data i tabellen när den först publicerades. Efter 2008-04-03 är detta fel korrigerat, se nedan.

Tabell 14. Tabell hämtad från AAPM report 96 (2008) (Table 3) som anger konversionsfaktorn (dvs. EDLP) för vuxna och barn.

MEASUREMENT, REPORTING, AND MANAGEMENT OF RADIATION DOSE IN CT

Table 3. Normalized effective dose per dose-length product (DLP) for adults (standard physique) and pediatric patients of various ages over various body regions. Conversion factor for adult head and neck and pediatric patients assume use of the head CT dose phantom (16 cm). All other conversion factors assume use of the 32-cm diameter CT body phantom^{78,79}

| Region of Body | <i>k (mSv mGy⁻¹ cm⁻¹)</i> | | | | |
|-------------------|---|------------|------------|-------------|--------|
| | 0 year old | 1 year old | 5 year old | 10 year old | Adult |
| Head and neck | 0.013 | 0.0085 | 0.0057 | 0.0042 | 0.0031 |
| Head | 0.011 | 0.0067 | 0.0040 | 0.0032 | 0.0021 |
| Neck | 0.017 | 0.012 | 0.011 | 0.0079 | 0.0059 |
| Chest | 0.039 | 0.026 | 0.018 | 0.013 | 0.014 |
| Abdomen =& pelvis | 0.049 | 0.030 | 0.020 | 0.015 | 0.015 |
| Trunk | 0.044 | 0.028 | 0.019 | 0.014 | 0.015 |

Deak et al²⁴. publicerade 2010 ett arbete där de beräknat E_{DLP} för en lite mer modern DT, en 64-snitt MSDT (Somatom Sensation 64, Siemens Healthcare). De tar hänsyn till att man idag – speciellt i barnundersökningarna – väjer annan rörspänning än den traditionella 120 kV, så de ger konversionsfaktorer som är baserade på rörspänning. Värt att notera är att de för huvud och huvud+hals regionen utgår från DLP bestämda i 16 cm fantomet för alla individer. För kroppen är det 32 cm fantomet som gäller för alla individer. För data se Tabell 15.

Speciellt för huvud+hals undersökningar bör man kontrollera till vilket fantom sin egen DT anger DLP-värdena till. Om det är till 32 cm fantomet och så stämmer inte de av Deak et al. 2010 givna konversionsfaktorerna.

²³ American Association of Physicists in Medicine. AAPM report 96. **The Measurement, Reporting, and Management of Radiation Dose in CT.** (2008).

²⁴ Deak PD, Smal Y and Kalender WA. **Multisection CT Protocols: Sex and age-specific conversion factors used to determine effective dose from dose-length product.** Radiology vol 257, no 1, 158-166. Plus Appendix. (2010).

Tabell 15. Tabell hämtad från Deak et. al 2010 (Table 3) som anger konversionsfaktorn (dvs. EDLP) för olika anatomiska områden i både vuxna och barn för olika rörspänning och beräknade med viktfactorer från både ICRP Publication 60 och ICRP Publication 103.

| Table 5 Conversion Factors from DLP to Effective Dose as a Function of Voltage, Region, and Age for ICRP Publication 60 and ICRP Publication 103 Recommendations | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------|--------|---------|--------|----------------------|--------|--------|---------|--------|
| Phantom and Parameter* | ICRP Publication 60 | | | | | ICRP Publication 103 | | | | |
| | Head | Neck | Chest | Abdomen | Pelvis | Head | Neck | Chest | Abdomen | Pelvis |
| Adult | | | | | | | | | | |
| Tube voltage (kV) | | | | | | | | | | |
| 80 | 0.0015 | 0.0058 | 0.0138 | 0.0153 | 0.0165 | 0.0018 | 0.0052 | 0.0147 | 0.0151 | 0.0128 |
| 100 | 0.0015 | 0.0057 | 0.0135 | 0.0153 | 0.0165 | 0.0019 | 0.0051 | 0.0144 | 0.0151 | 0.0127 |
| 120 | 0.0016 | 0.0057 | 0.0136 | 0.0155 | 0.0167 | 0.0019 | 0.0051 | 0.0145 | 0.0153 | 0.0129 |
| 140 | 0.0016 | 0.0058 | 0.0137 | 0.0157 | 0.0169 | 0.0019 | 0.0052 | 0.0147 | 0.0155 | 0.0131 |
| Mean | 0.0016 | 0.0058 | 0.0137 | 0.0155 | 0.0167 | 0.0019 | 0.0052 | 0.0146 | 0.0153 | 0.0129 |
| Percentage change | -33 | 6 | -20 | 3 | -12 | -18 | -5 | -14 | 2 | -32 |
| 10 Year old | | | | | | | | | | |
| Tube voltage (kV) | | | | | | | | | | |
| 80 | 0.0023 | 0.0109 | 0.0231 | 0.0258 | 0.0295 | 0.0026 | 0.0095 | 0.0248 | 0.0256 | 0.0228 |
| 100 | 0.0023 | 0.0106 | 0.0219 | 0.025 | 0.0286 | 0.0027 | 0.0093 | 0.0235 | 0.0247 | 0.0218 |
| 120 | 0.0023 | 0.0107 | 0.0217 | 0.0249 | 0.0283 | 0.0027 | 0.0094 | 0.0234 | 0.0246 | 0.0216 |
| 140 | 0.0023 | 0.0106 | 0.0215 | 0.0249 | 0.0283 | 0.0027 | 0.0093 | 0.0232 | 0.0246 | 0.0216 |
| Mean | 0.0023 | 0.0107 | 0.0221 | 0.0252 | 0.0287 | 0.0027 | 0.0094 | 0.0237 | 0.0249 | 0.0219 |
| Percentage change | 0 | 98 | 30 | 68 | 51 | 16 | 74 | 40 | 66 | 15 |
| 5 Year old | | | | | | | | | | |
| Tube voltage (kV) | | | | | | | | | | |
| 80 | 0.0031 | 0.0141 | 0.0319 | 0.0381 | 0.0406 | 0.0035 | 0.0123 | 0.0344 | 0.0376 | 0.0315 |
| 100 | 0.0031 | 0.0138 | 0.0298 | 0.036 | 0.0385 | 0.0035 | 0.0121 | 0.0322 | 0.0355 | 0.0298 |
| 120 | 0.0031 | 0.0137 | 0.0291 | 0.0354 | 0.038 | 0.0035 | 0.012 | 0.0314 | 0.0349 | 0.0294 |
| 140 | 0.003 | 0.0138 | 0.0288 | 0.0351 | 0.0377 | 0.0035 | 0.0121 | 0.0312 | 0.0349 | 0.0291 |
| Mean | 0.0031 | 0.0139 | 0.0299 | 0.0362 | 0.0387 | 0.0035 | 0.0121 | 0.0323 | 0.0357 | 0.03 |
| Percentage change | 34 | 156 | 76 | 141 | 104 | 52 | 125 | 90 | 138 | 58 |
| 1 Year old | | | | | | | | | | |
| Tube voltage (kV) | | | | | | | | | | |
| 80 | 0.0051 | 0.0194 | 0.0483 | 0.0578 | 0.0629 | 0.0056 | 0.0171 | 0.0525 | 0.0571 | 0.0481 |
| 100 | 0.0049 | 0.019 | 0.0442 | 0.0537 | 0.0582 | 0.0054 | 0.0167 | 0.048 | 0.053 | 0.0445 |
| 120 | 0.0047 | 0.0189 | 0.0427 | 0.0522 | 0.0564 | 0.0053 | 0.0166 | 0.0467 | 0.0514 | 0.0431 |
| 140 | 0.0046 | 0.0189 | 0.0418 | 0.0513 | 0.0558 | 0.0052 | 0.0166 | 0.0456 | 0.0506 | 0.0425 |
| Mean | 0.0048 | 0.0191 | 0.0443 | 0.0538 | 0.0583 | 0.0054 | 0.0168 | 0.0482 | 0.053 | 0.0446 |
| Percentage change | 110 | 253 | 160 | 258 | 207 | 134 | 210 | 184 | 254 | 134 |
| Newborn | | | | | | | | | | |
| Tube voltage (kV) | | | | | | | | | | |
| 80 | 0.0086 | 0.0238 | 0.0766 | 0.0949 | 0.1007 | 0.0094 | 0.0216 | 0.0823 | 0.0935 | 0.0776 |
| 100 | 0.008 | 0.023 | 0.0694 | 0.085 | 0.0908 | 0.0088 | 0.0209 | 0.0739 | 0.0838 | 0.0699 |
| 120 | 0.0077 | 0.0228 | 0.0651 | 0.0817 | 0.0876 | 0.0085 | 0.0206 | 0.0706 | 0.0804 | 0.0672 |
| 140 | 0.0074 | 0.023 | 0.0634 | 0.0795 | 0.0854 | 0.0082 | 0.0207 | 0.0689 | 0.0786 | 0.0655 |
| Mean | 0.0079 | 0.0232 | 0.0684 | 0.0853 | 0.0911 | 0.0087 | 0.021 | 0.0739 | 0.0841 | 0.0701 |
| Percentage change | 245 | 329 | 302 | 469 | 380 | 279 | 288 | 335 | 461 | 269 |

Note.—Data are in mSv · mGy⁻¹ · cm⁻². The European Commission conversion factors (namely, 0.023 for the head, 0.0054 for the neck, 0.017 for the chest, 0.015 for the abdomen, and 0.019 for the pelvis [9]) were based on ICRP publication 60 tissue weighting factors.

* Percentage change = relative difference in percentage between average values over all voltages and European Commission conversion factors.

8.4. Size-Specific Dose Estimate

De angivna dosvärdena överensstämmer endast med stråldosen till patienten i de fall då patientens attenuering överensstämmer med den för plexiglasfantomet. För patienter med stor skillnad i täthet och tvärsnittsdiаметer i förhållande till det fantom som CTDI_{vol} anges för ger det angivna CTDI_{vol} värdet en under- respektive överskattning av stråldosen. En bättre uppskattning av stråldosen till patienten är då att göra en korrektion för skillnaden i täthet och tvärsnitt. Det är resultatet efter denna korrektion som benämns Size-Specific Dose Estimate (SSDE).

$$SSDE = \text{konversionsfaktor} \times CTDI_{vol}$$

SSDE har enheten mGy.

American Association of Physicists in Medicine (AAPM) har i sin rapport (report 204)²⁵ beskrivit problemet samt anger konversionsfaktorer mellan CTDI_{vol} och SSDE för DT undersökningar av kroppen. Dessa konversionsfaktorer finns angivna i tabellform för de två plexiglasfantomstorlekarna, se Tabell 16 nedan för omräkning från 32 cm fantomet. Motsvarande tabell för 16 cm fantomet finns.

AAPM report 204 utgår från att man bestämmer patientens effektiva diameter i undersökt område. Men i de fall man endast känner patientens AP (anterior-posterior) -mått eller LAT(lateral) -mått eller summan av AP och LAT måtten så kan dessa också användas som ingångsvärden, se Table 1A, 1B och 1C i Tabell 16.

Den effektiva diametern beräknas enligt ekvationen:

$$\text{effective diameter} = \sqrt{AP \times LAT}$$

Tabell 16. Tabell hämtad från AAPM report 204 (2011) som anger konversionsfaktorn som funktion av effektiva diametern. Den effektiva diametern har tagits fram på 4 olika sätt.

Table 1. This table provides conversion factors based on the use of the 32 cm diameter PMMA phantom for CTDI_{vol}. Table 1A shows the conversion factor as a function of the sum of the lateral and AP dimensions. Table 1B shows conversion factors as a function of the lateral dimension, and Table 1C is for the AP dimension. Table 1D provides conversion factors as a function of effective diameter. It is essential that these data be used when the CTDI_{vol} reported is known to be based on the 32 cm diameter body dosimetry phantom.

| Table 1A | | | Table 1B | | | Table 1C | | | Table 1D | |
|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Lat + AP Dim (cm) | Effective Dia (cm) | Conversion Factor | Lateral Dim (cm) | Effective Dia (cm) | Conversion Factor | AP Dim (cm) | Effective Dia (cm) | Conversion Factor | Effective Dia (cm) | Conversion Factor |
| 16 | 7.7 | 2.79 | 8 | 9.2 | 2.65 | 8 | 8.8 | 2.68 | 8 | 2.76 |
| 18 | 8.7 | 2.69 | 9 | 9.7 | 2.60 | 9 | 10.2 | 2.55 | 9 | 2.66 |
| 20 | 9.7 | 2.59 | 10 | 10.2 | 2.55 | 10 | 11.6 | 2.42 | 10 | 2.57 |
| 22 | 10.7 | 2.50 | 11 | 10.7 | 2.50 | 11 | 13.0 | 2.30 | 11 | 2.47 |
| 24 | 11.7 | 2.41 | 12 | 11.3 | 2.45 | 12 | 14.4 | 2.18 | 12 | 2.38 |
| 26 | 12.7 | 2.32 | 13 | 11.8 | 2.40 | 13 | 15.7 | 2.08 | 13 | 2.30 |
| 28 | 13.7 | 2.24 | 14 | 12.4 | 2.35 | 14 | 17.0 | 1.98 | 14 | 2.22 |
| 30 | 14.7 | 2.16 | 15 | 13.1 | 2.29 | 15 | 18.3 | 1.89 | 15 | 2.14 |
| 32 | 15.7 | 2.09 | 16 | 13.7 | 2.24 | 16 | 19.6 | 1.81 | 16 | 2.06 |
| 34 | 16.7 | 2.01 | 17 | 14.3 | 2.19 | 17 | 20.8 | 1.73 | 17 | 1.98 |
| 36 | 17.6 | 1.94 | 18 | 15.0 | 2.13 | 18 | 22.0 | 1.65 | 18 | 1.91 |
| 38 | 18.6 | 1.87 | 19 | 15.7 | 2.08 | 19 | 23.2 | 1.58 | 19 | 1.84 |
| 40 | 19.6 | 1.80 | 20 | 16.4 | 2.03 | 20 | 24.3 | 1.52 | 20 | 1.78 |
| 42 | 20.6 | 1.74 | 21 | 17.2 | 1.97 | 21 | 25.5 | 1.45 | 21 | 1.71 |
| 44 | 21.6 | 1.67 | 22 | 17.9 | 1.92 | 22 | 26.6 | 1.40 | 22 | 1.65 |
| 46 | 22.6 | 1.62 | 23 | 18.7 | 1.86 | 23 | 27.6 | 1.34 | 23 | 1.59 |
| 48 | 23.6 | 1.56 | 24 | 19.5 | 1.81 | 24 | 28.7 | 1.29 | 24 | 1.53 |
| 50 | 24.6 | 1.50 | 25 | 20.3 | 1.76 | 25 | 29.7 | 1.25 | 25 | 1.48 |
| 52 | 25.6 | 1.45 | 26 | 21.1 | 1.70 | 26 | 30.7 | 1.20 | 26 | 1.43 |
| 54 | 26.6 | 1.40 | 27 | 22.0 | 1.65 | 27 | 31.6 | 1.16 | 27 | 1.37 |
| 56 | 27.6 | 1.35 | 28 | 22.9 | 1.60 | 28 | 32.6 | 1.12 | 28 | 1.32 |
| 58 | 28.6 | 1.30 | 29 | 23.8 | 1.55 | 29 | 33.5 | 1.08 | 29 | 1.28 |
| 60 | 29.6 | 1.25 | 30 | 24.7 | 1.50 | 30 | 34.4 | 1.05 | 30 | 1.23 |
| 62 | 30.5 | 1.21 | 31 | 25.6 | 1.45 | 31 | 35.2 | 1.02 | 31 | 1.19 |
| 64 | 31.5 | 1.16 | 32 | 26.6 | 1.40 | 32 | 36.0 | 0.99 | 32 | 1.14 |
| 66 | 32.5 | 1.12 | 33 | 27.6 | 1.35 | 33 | 36.8 | 0.96 | 33 | 1.10 |
| 68 | 33.5 | 1.08 | 34 | 28.6 | 1.30 | 34 | 37.6 | 0.93 | 34 | 1.06 |
| 70 | 34.5 | 1.04 | 35 | 29.6 | 1.25 | 35 | 38.4 | 0.91 | 35 | 1.02 |
| 72 | 35.5 | 1.01 | 36 | 30.6 | 1.20 | 36 | 39.1 | 0.88 | 36 | 0.99 |
| 74 | 36.5 | 0.97 | 37 | 31.7 | 1.16 | 37 | 39.8 | 0.86 | 37 | 0.95 |
| 76 | 37.5 | 0.94 | 38 | 32.7 | 1.11 | 38 | 40.4 | 0.84 | 38 | 0.92 |
| 78 | 38.6 | 0.90 | 39 | 33.8 | 1.07 | 39 | 41.1 | 0.82 | 39 | 0.88 |
| 80 | 39.5 | 0.87 | 40 | 34.9 | 1.03 | 40 | 41.7 | 0.80 | 40 | 0.85 |
| 82 | 40.5 | 0.84 | 41 | 36.1 | 0.98 | 41 | 42.3 | 0.78 | 41 | 0.82 |
| 84 | 41.5 | 0.81 | 42 | 37.2 | 0.94 | 42 | 42.8 | 0.77 | 42 | 0.79 |
| 86 | 42.4 | 0.78 | 43 | 38.4 | 0.90 | 43 | 43.4 | 0.75 | 43 | 0.76 |
| 88 | 43.4 | 0.75 | 44 | 39.6 | 0.87 | 44 | 43.9 | 0.74 | 44 | 0.74 |
| 90 | 44.4 | 0.72 | 45 | 40.8 | 0.83 | 45 | 44.4 | 0.73 | 45 | 0.71 |

I AAPM-rapporten (Report 204) finns även en tabell över den effektiva diametern som utgår från barnets ålder. Men då åldern inte är ett robust mått på kroppsstorlek bör denna möjlighet användas med stor försiktighet.

I detta projekt har SSDE bestämts för några av patienterna som genomgått DT Buk på DSBUS, se kapitel 6.5.1.

²⁵ American Association of Physicists in Medicine. AAPM report 204. **Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations.** (2011)

Bestämningen av SSDE är ett steg närmare i strävan att mer korrekt uppskatta organstråldosen vid DT undersökningar. I en senare rapport har AAPM 2014²⁶ kompletterat sina korrektionsfaktorer att räkna om till den effektiva vattenekvivalenta diametern vilket blir en bättre uppskattning för DT undersökningar av thorax.

²⁶ American Association of Physicists in Medicine. AAPM report 220. **Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT.** (2014).

9. Bilaga B. Resultat från sjukhusen

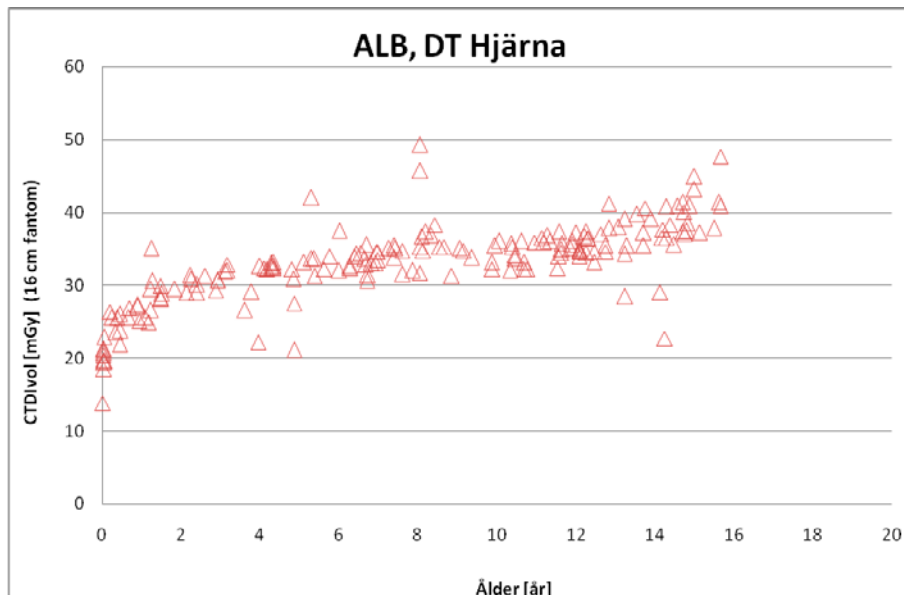
Resultaten är indelade i de olika anatomiska områdena; DT Hjärna, DT Lunga, DT Buk och DT Lunga+Buk.

Varje sjukhus redovisas under respektive anatomiskt område.

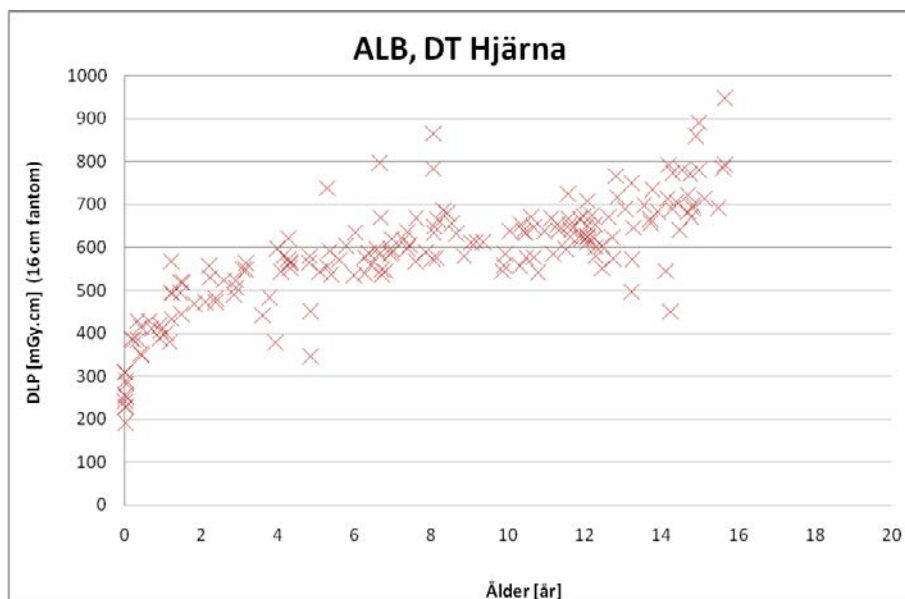
Värt att notera är att det är olika insamlingsperioder, men alla undersökningar är utförda mellan 2010 och 2013 varav merparten är utförda under 2012-2013.

9.1. DT Hjärna

9.1.1. ALB, DT Hjärna



Figur 15. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Totalt 184 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

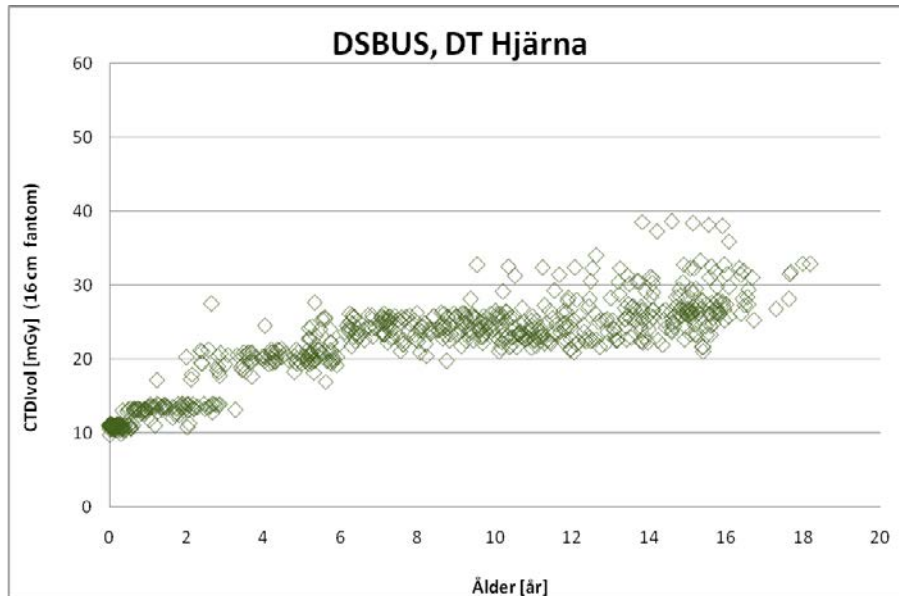


Figur 16. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. DLP värdena gäller för en serie. Totalt 184 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

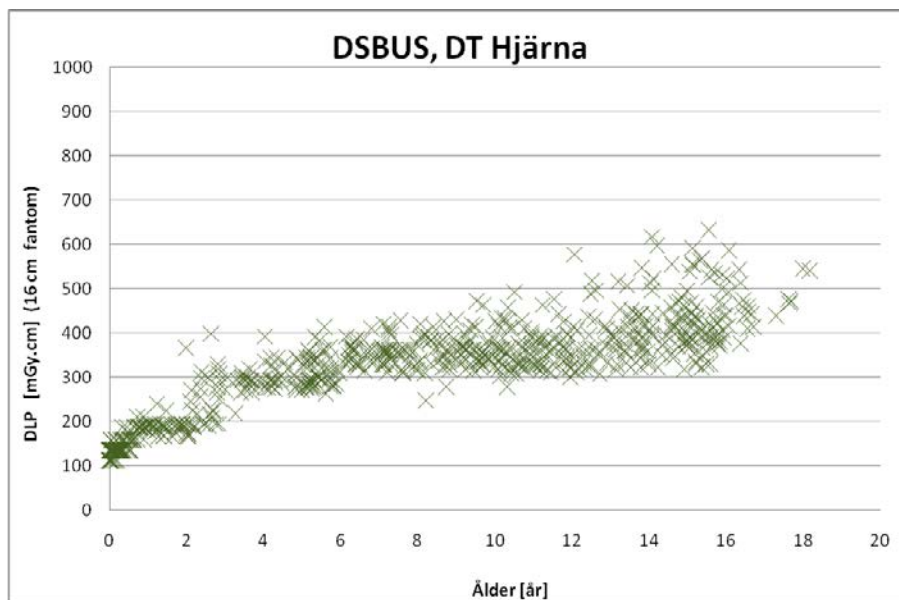
Totalt antal undersökningar är 184 stycken.
Spiralteknik användes i samtliga fall.
Referens mAs = 390 mAs har använts.

Man ser i diagrammen ovan (Figur 16 och 17) att både $CTDI_{vol}$ och DLP värdena varierar med patientens ålder, dvs. här huvudstorlek.

9.1.2. DSBUS, DT Hjärna



Figur 17. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Totalt 707 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

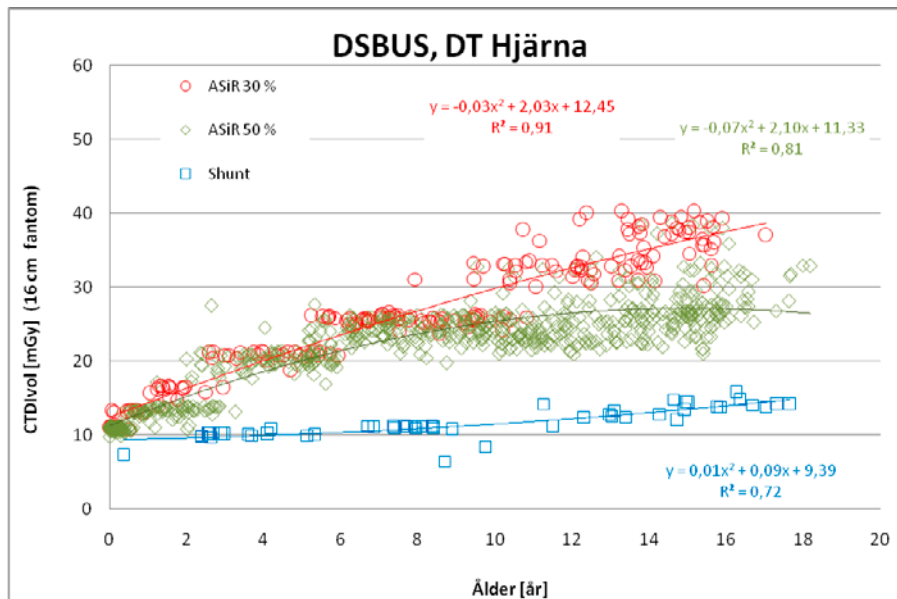


Figur 18. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Totalt 707 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

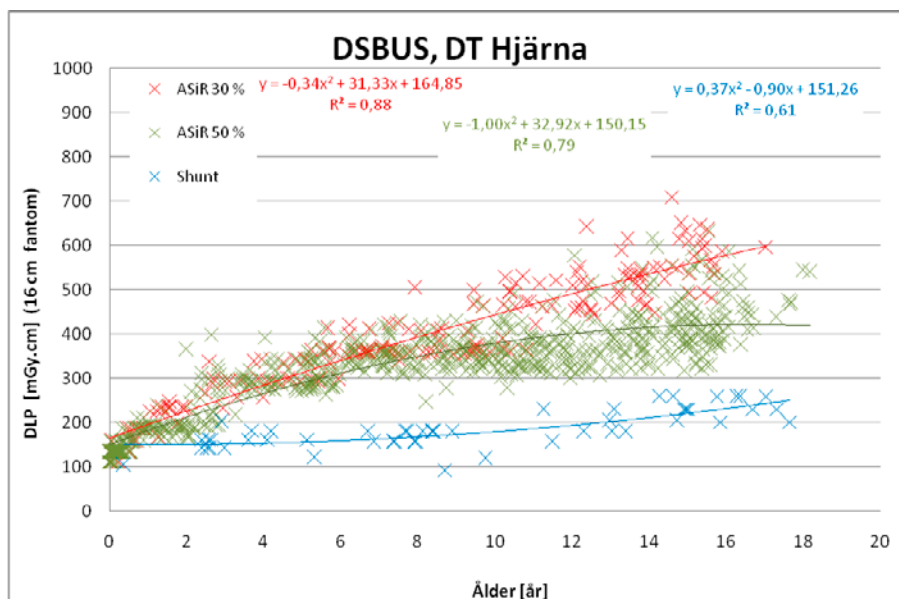
Antal undersökningar som ingått är 707 stycken under perioden maj 2012 till aug 2013. Axiell undersökningsteknik har använts ("Sequenced") för alla patienter.

Noise Index = 3,8 (5 mm) och ASiR 50%. ASiR, Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, är en iterativ rekonstruktionsteknik på DT från GE Healthcare.

Man ser i diagrammen ovan att både $CTDI_{vol}$ och DLP värdena varierar med patientens ålder, dvs. här huvudstorlek. Variationen är lite stegvis och kan vara indikator på att de protokoll man använt inte till 100 % tar hänsyn till variationer patienternas huvudstorlek. Alternativ har man inte låtit dosautomatiken få fritt spelrum genom att för snäva gränser för rörströmsmoduleringen har satts.



Figur 19. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning men då olika ASiR-nivåer använts (ASiR 30 % (röda cirklar) resp. ASiR 50 % (gröna romber)) samt de protokoll som används för att kontroll av Shunt resp. för bestämning av bredden på ventriklarna (här kallad Shunt (blå kvadrater)). Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



Figur 20. DLP som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning men då olika ASiR-nivåer använts (ASiR 30 % (röda kryss) resp. ASiR 50 % (gröna kryss)) samt de protokoll som används för att kontroll av Shunt resp. för bestämning av bredden på ventriklarna (här kallad Shunt (blå kryss)). Endast en serie är inkluderad i DLP. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

I diagrammen ovan ser man att man på DSBUS erhöll en sänkning av både $CTDI_{vol}$ och DLP när man ökade ASiR nivån till 50 % (från 30 %) och ändrade nivån på Noise Index från 3,3 till 3,8, dvs. sänkte dosnivån.

Stråldoserna för ”shunt-undersökningar” är klart lägre än de för standarddiagnostik. Med detta följer att bildbruset är mycket högre men det behövs inte bättre bilder för att kunna bestämma ventriklarnas bredd. Det är alltså ett resultat av att man valt bildkvalitet efter det diagnostiska behovet, eller med andra ord optimerat undersökningen.

Med trendlinjernas hjälp kan man enkelt se i diagrammet att de tre olika undersökningsprotokollen ger olika dosbidrag till patienterna.

9.1.3. Skåne, DT Hjärna

LUND

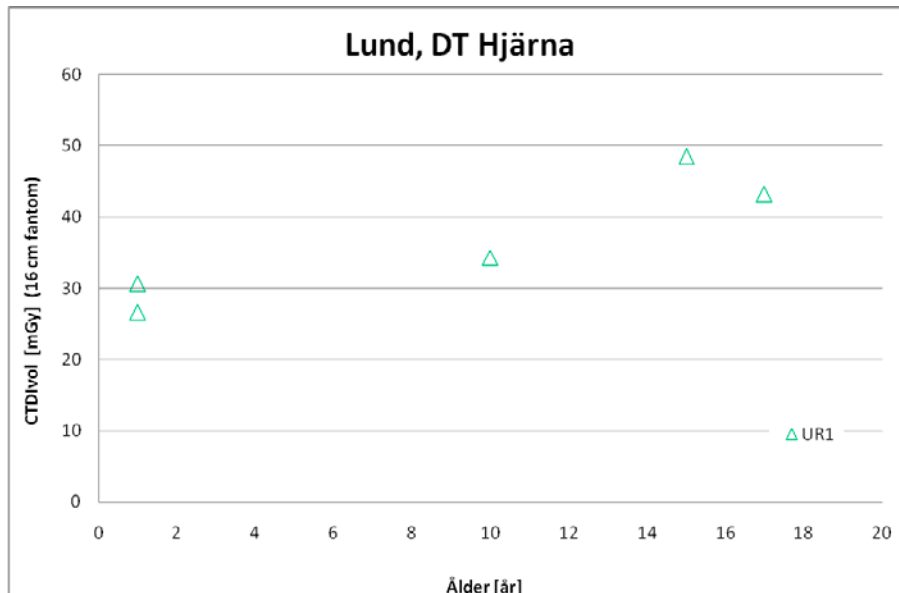
I Lund utförs relativt få undersökningar av hjärnan med datortomografi då man där väljer magnetresonansteknik i första hand för avbildning av hjärnan.

Relativt många patienter har uteslutits från deras insamlade data då deras ålder är satt till 0 år men då dosvärdena är relativt höga för att vara barn mellan 0-11 månader.

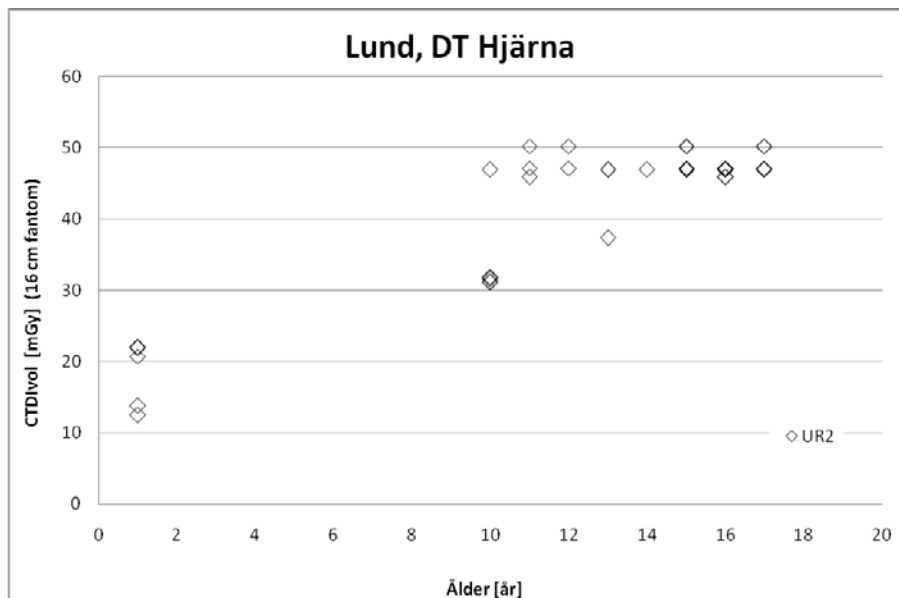
Det antal barn som trots allt undersöktes under perioden januari 2012 till augusti 2013 med DT Hjärna i Lund på deras 4 datortomografer visas i figurerna nedan.

Av de patienter som undersöktes valdes totalt 327stycken patienter att ingå i studien. Av dessa utfördes 264 undersökningar på datortomografen i undersökningsrum 12 (UR12).

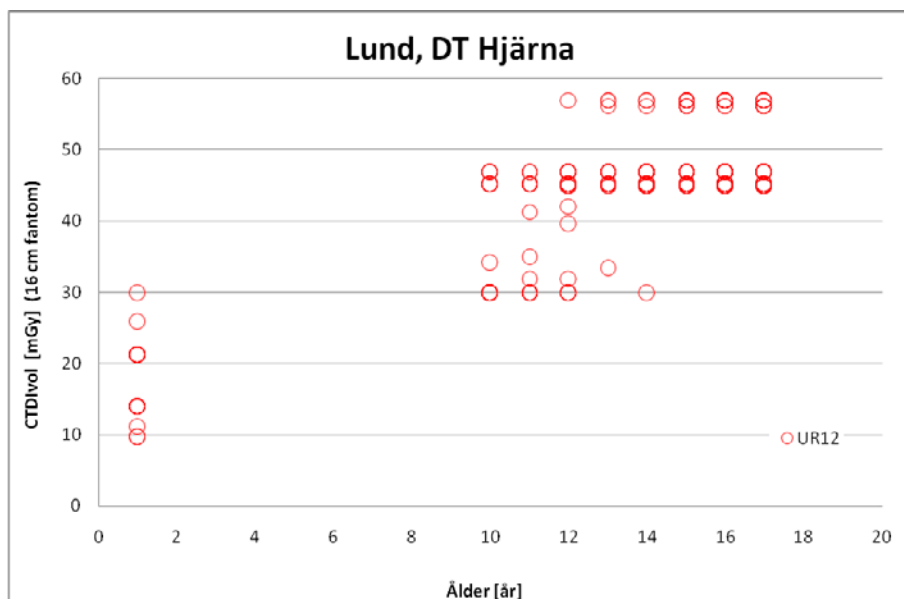
Remissensfrågeställning fanns inte tillgänglig.



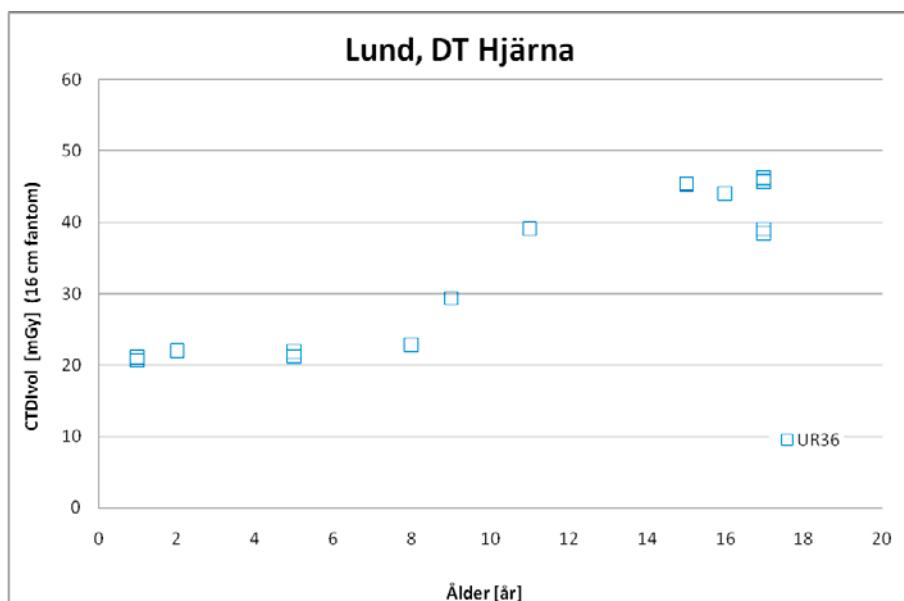
Figur 21. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i undersökningsrum, UR1 i Lund. Totalt 5 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



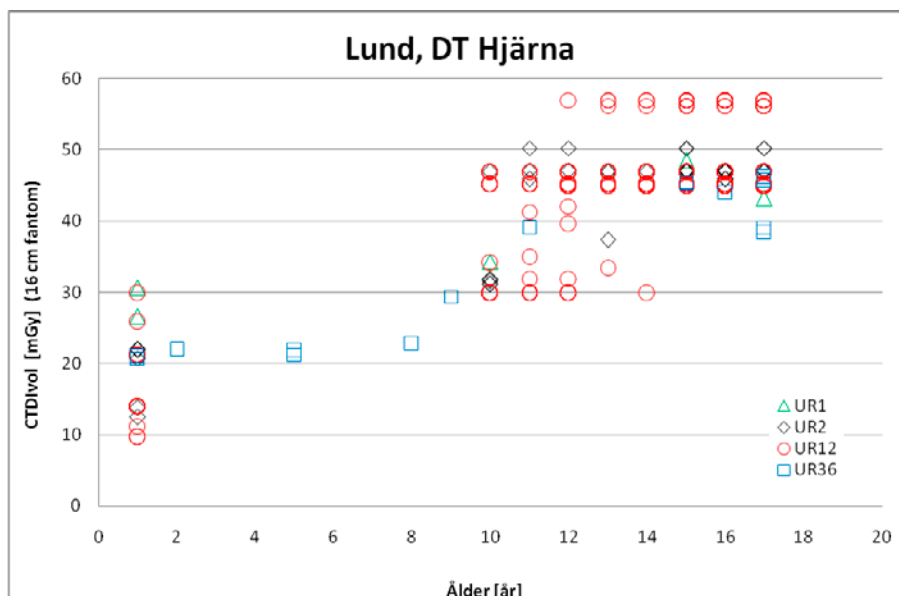
Figur 22. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i undersökningsrum, UR2, i Lund. Totalt 42 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



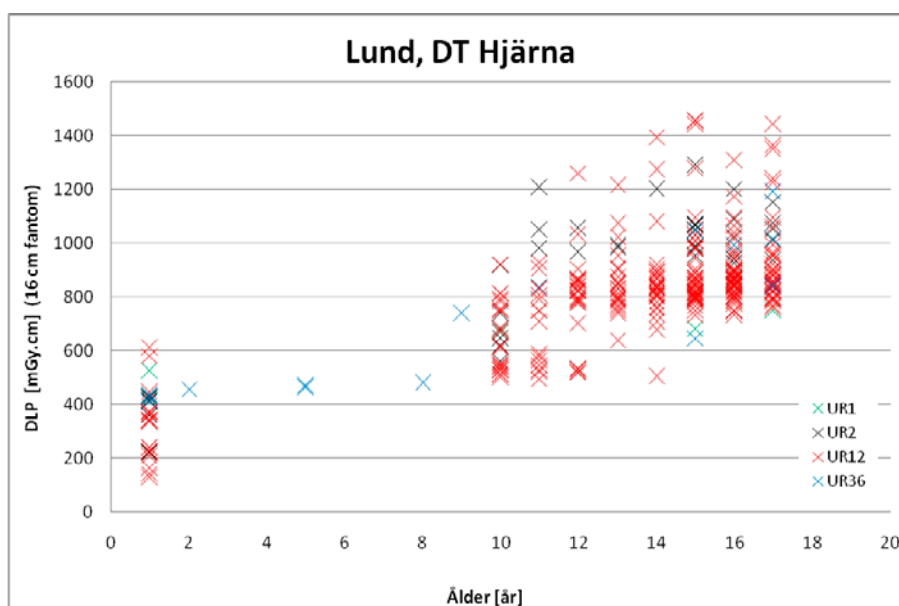
Figur 23. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i undersökningsrum, UR12, i Lund. Totalt 264 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



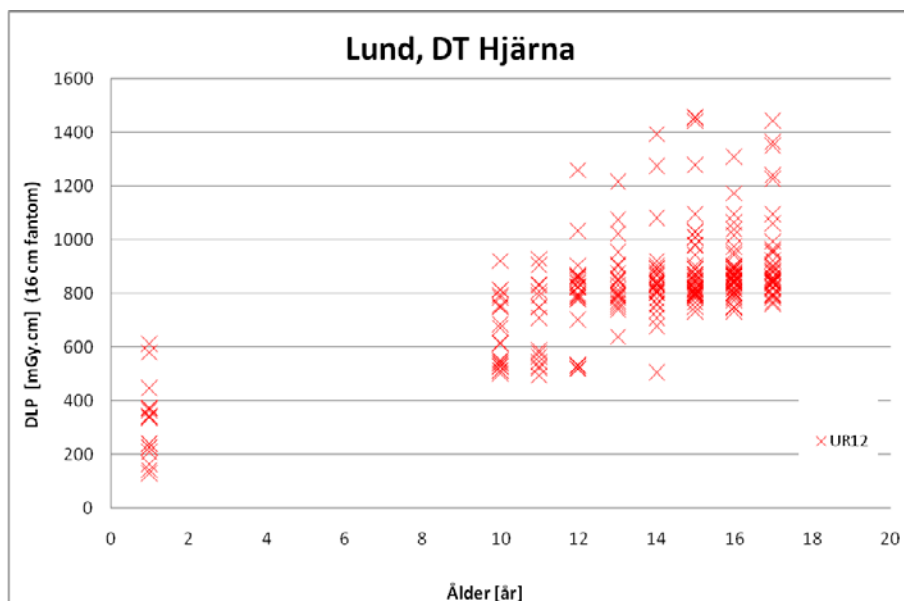
Figur 24. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i undersökningsrum, UR36, i Lund. Totalt 16 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



Figur 25. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i de 4 undersökningsrummen, UR1, UR2, UR12 och UR36, i Lund. Totalt 327 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



Figur 26. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i de 4 undersökningsrummen, UR1, UR2, UR12 och UR36, i Lund. Totalt 327 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



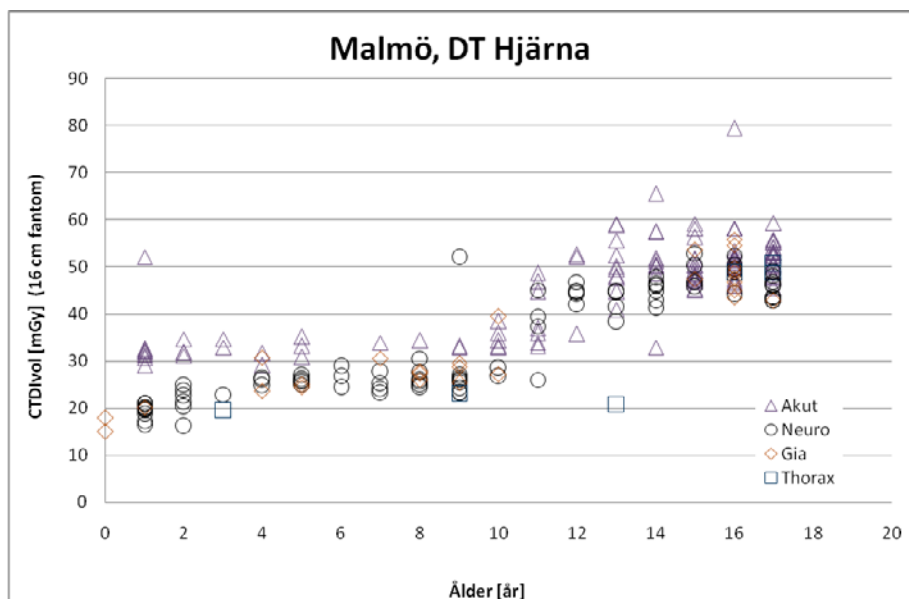
Figur 27. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i undersökningsrummet UR12, i Lund. Totalt 264 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

MALMÖ

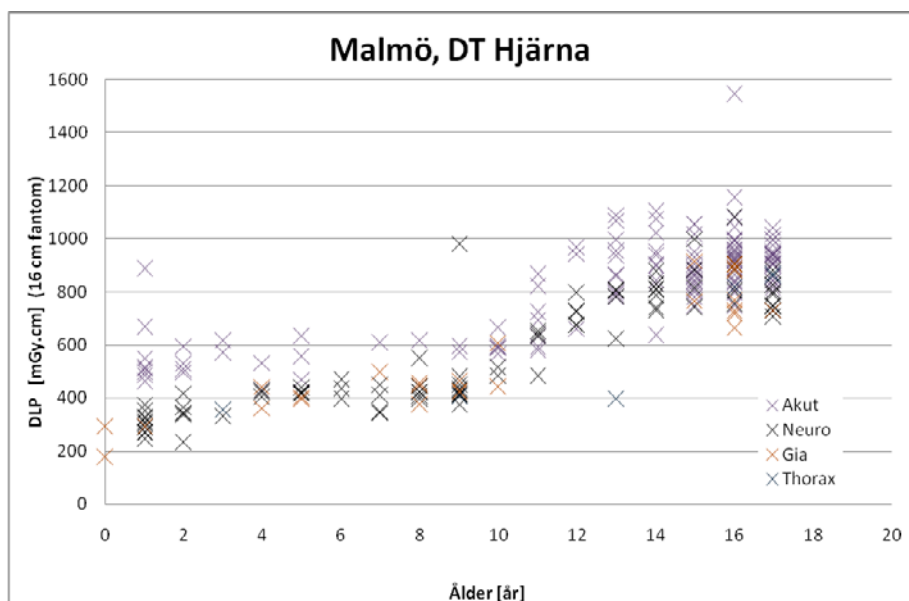
DT hjärna har under perioden januari 2012 till augusti 2013 samlats in undersökningar från totalt 4 olika DT med rumsbeteckningarna; Akut, Neuro, GIA, Thorax. Även här har relativt många patienter har uteslutits då deras ålder är satt till 0 år men då dosvärdena är relativt höga för att vara barn mellan 0-6 månader. Av de patienter som undersöktes kom därför totalt 245 stycken undersökningar att ingå i studien. Av dessa utfördes flest, 125 undersökningar, på datortomografen i undersökningsrum Akut.

I diagrammen i Figur 28-29 visas $CTDI_{vol}$ och DLP för samtliga DT Hjärnundersökningar, men uppdelade på de 4 undersökningsrummen.

Remissensfrågeställning fanns inte tillgänglig.



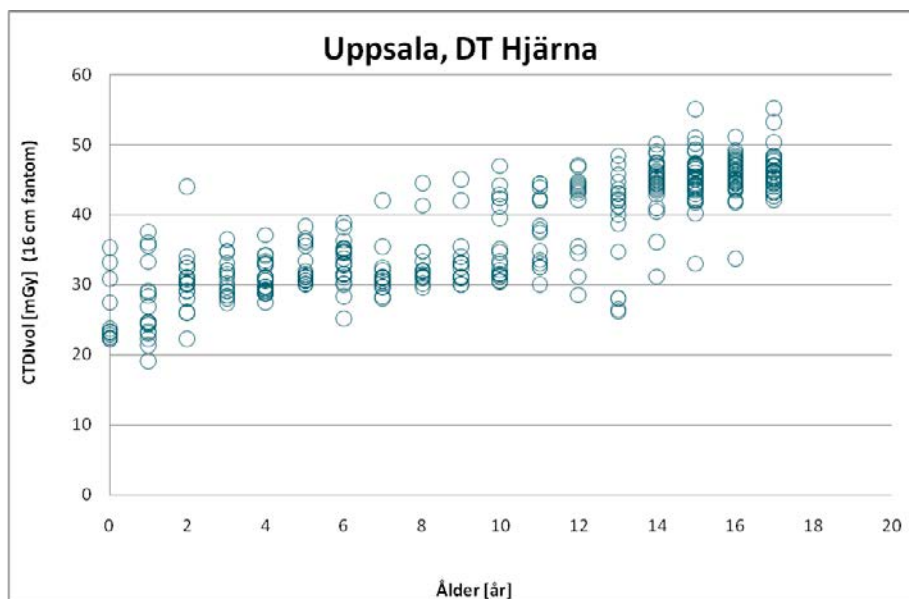
Figur 28. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT-hjärnundersökningar utförda i de 4 undersökningsrummen, Akut, Neuro, GIA, Thorax, i Malmö. Totalt 245 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



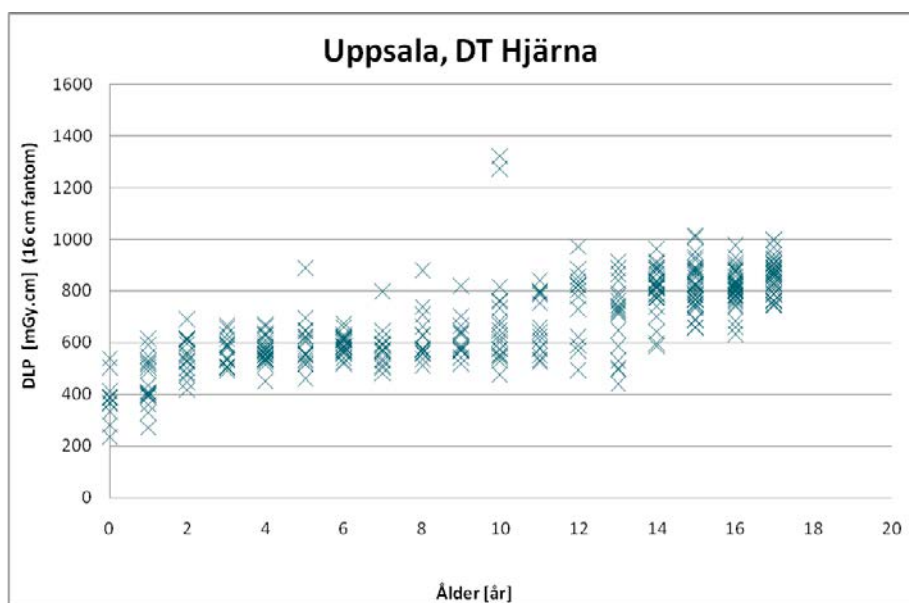
Figur 29. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda i de 4 undersökningsrummen, Akut, Neuro, GIA, Thorax, i Malmö. Totalt 245 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

9.1.4. Uppsala, DT Hjärna

Mellan september 2010 till april 2012 undersöktes 368 patienter med DT Hjärna i Uppsala. Samtliga patienter är undersökta med standardprotokoll.



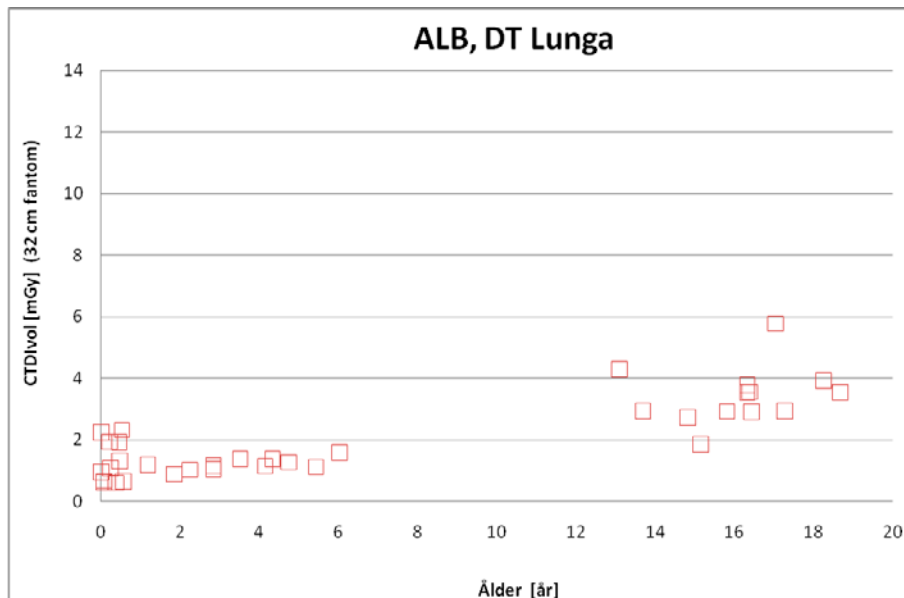
Figur 30. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på Akademiska sjukhuset i Uppsala. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Totalt 368 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.



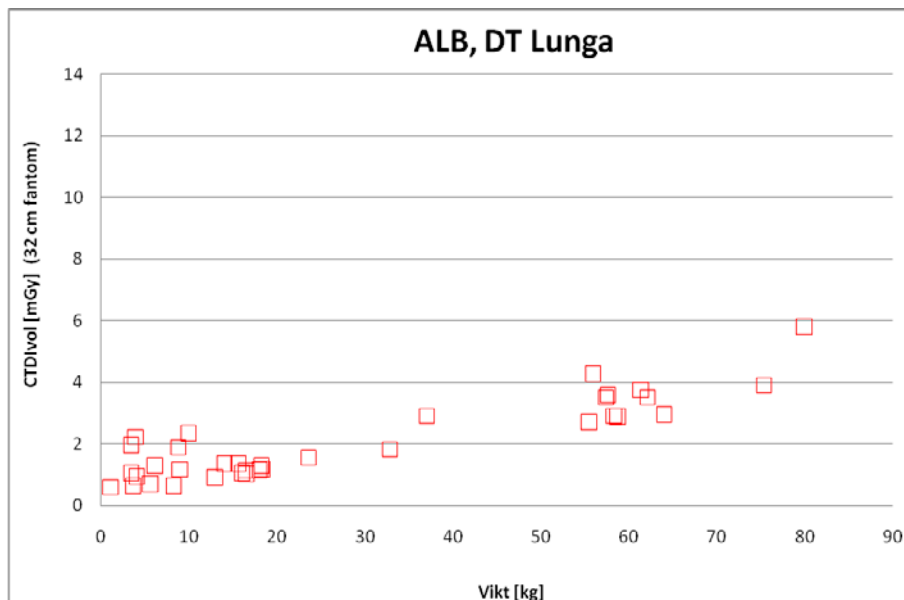
Figur 31. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT hjärnundersökningar utförda på Akademiska sjukhuset i Uppsala. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning. Totalt 368 undersökningar. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

9.2. DT Lunga

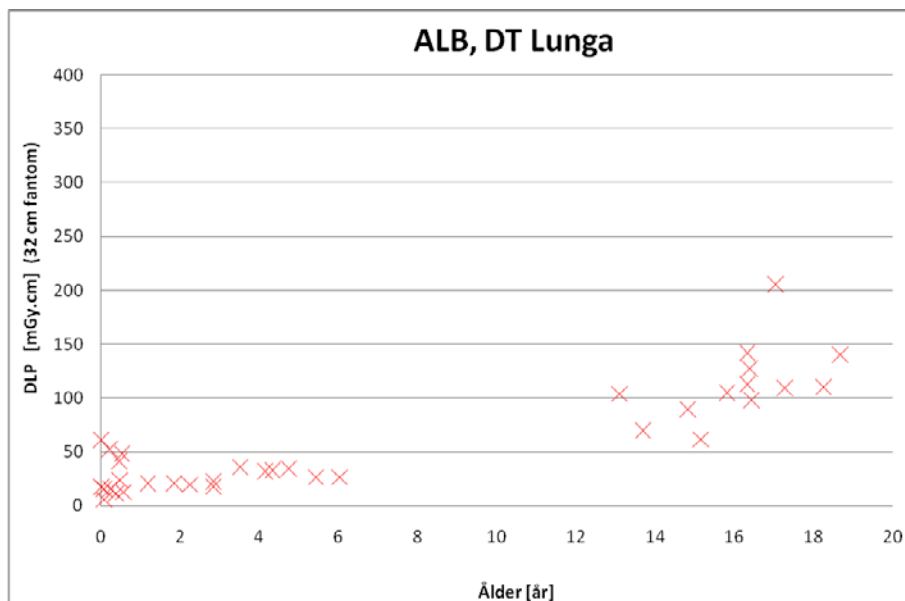
9.2.1. ALB, DT Lunga



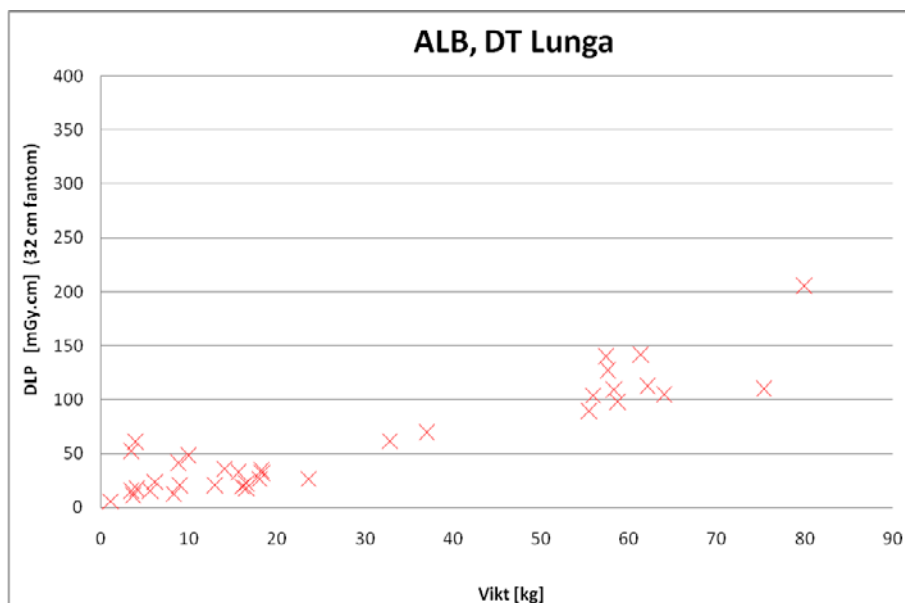
Figur 32. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT lungundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 35 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 33. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens vikt för DT lungundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 35 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

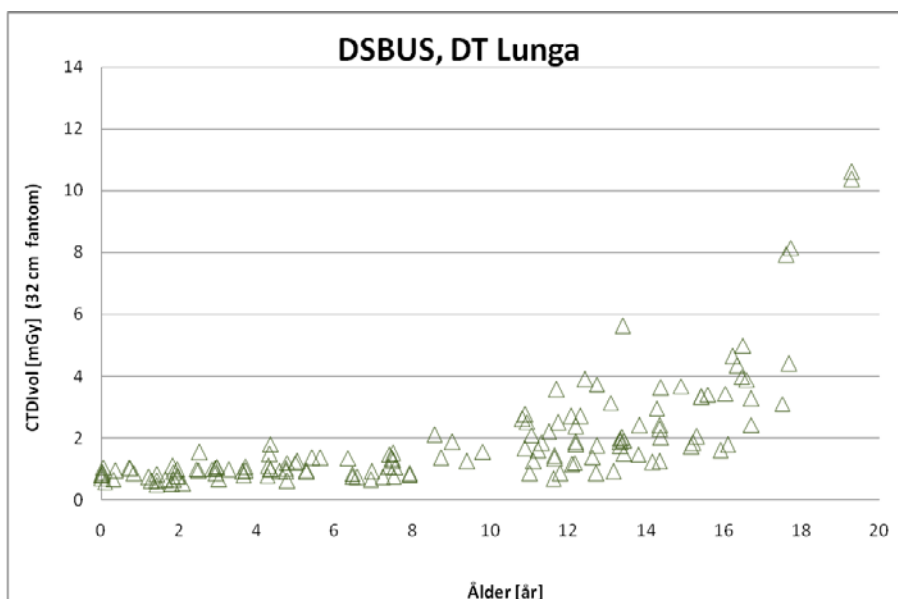


Figur 34. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT lungundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 35 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

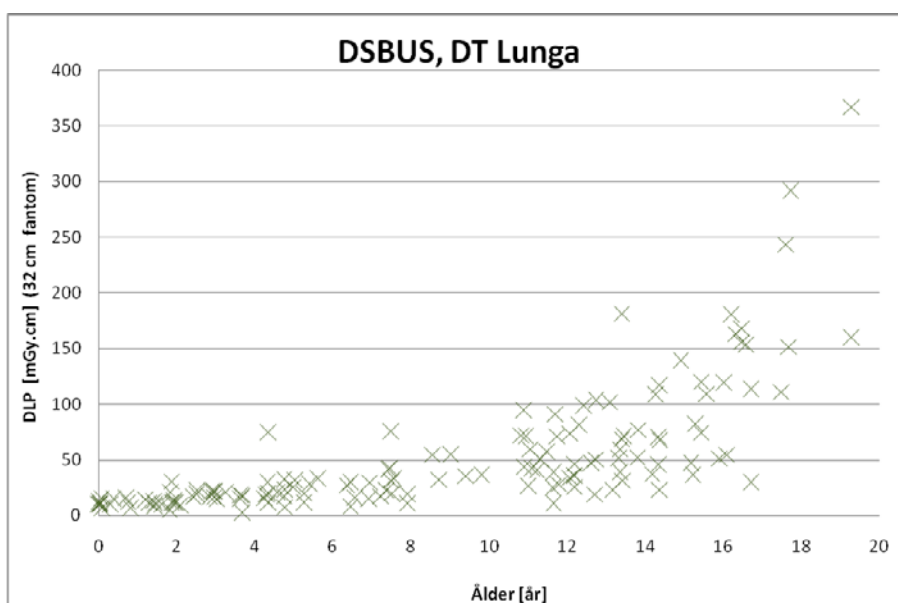


Figur 35. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens vikt för DT lungundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 35 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

9.2.2. DSBUS, DT Lunga



Figur 36. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT lungundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning och onkologiska frågeställningar. ASiR 40% har använts vid samtliga us. Totalt 147 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

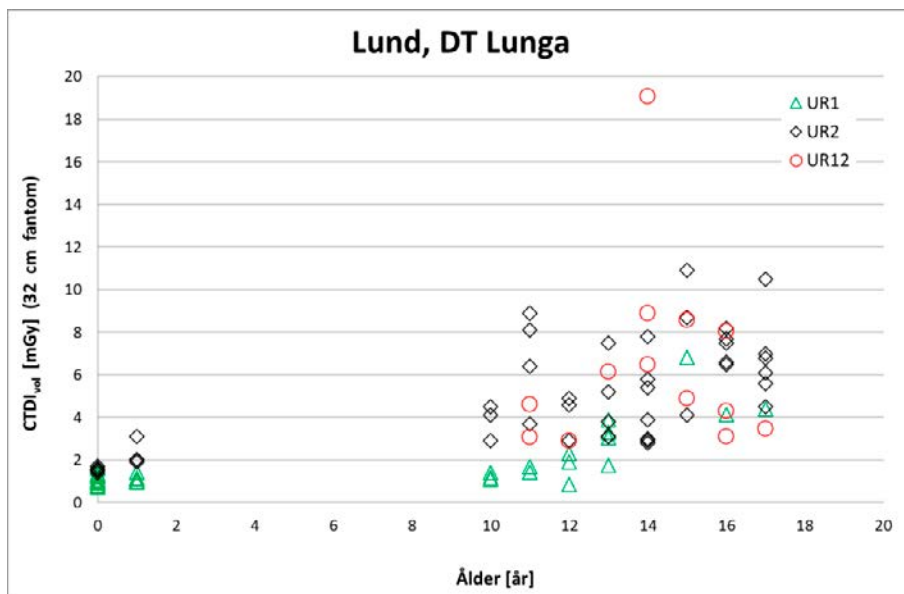


Figur 37. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT lungundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning och onkologiska frågeställningar. ASiR 40% har använts vid samtliga us. Totalt 147 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

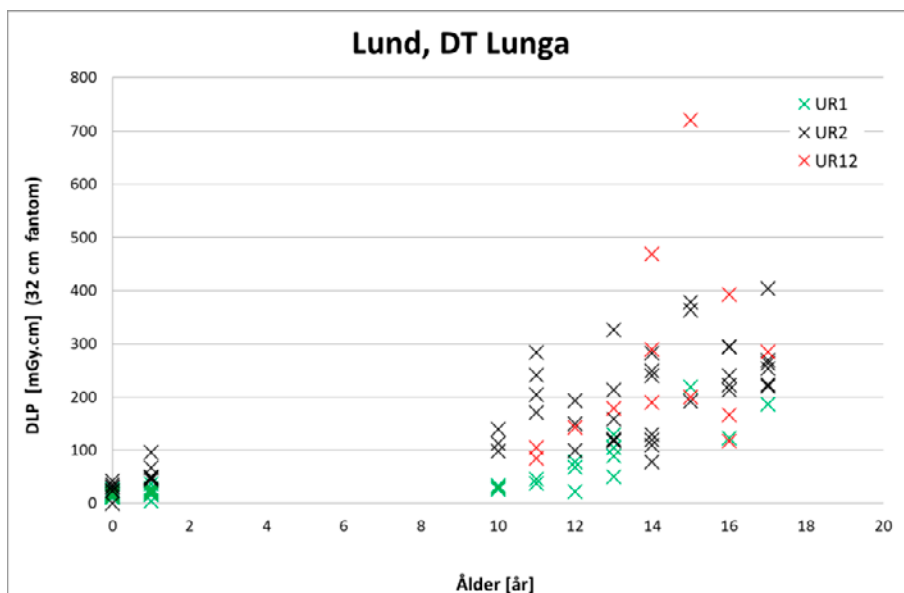
9.2.3. Skåne, DT Lunga

LUND

Remissensfrågeställning finns inte tillgänglig ej heller vikt och längd vid undersökningen.



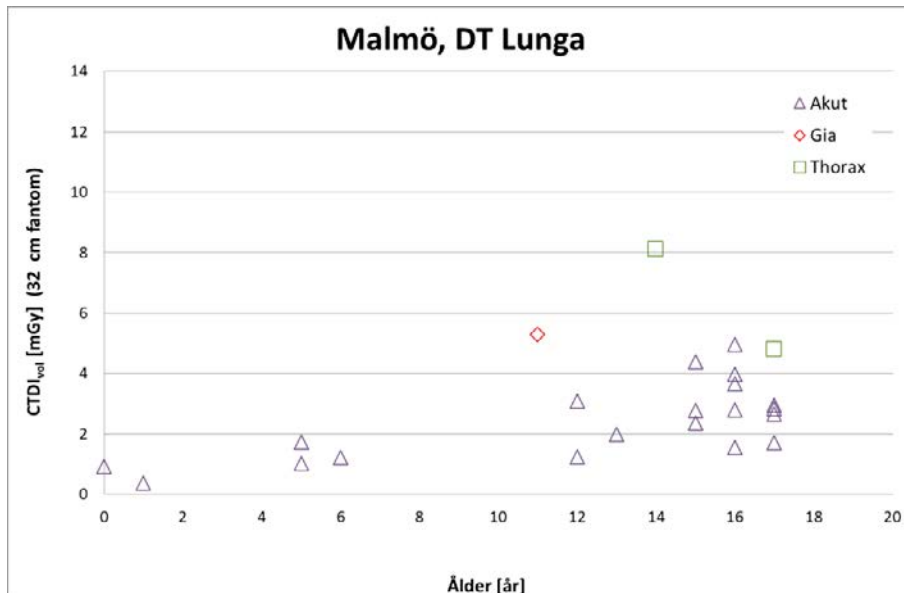
Figur 38. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av ålder för DT lungundersökningar utförda i Lund på de tre datortomograferna i undersökningsrummen; UR1, UR2 och UR12. Totalt 105 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



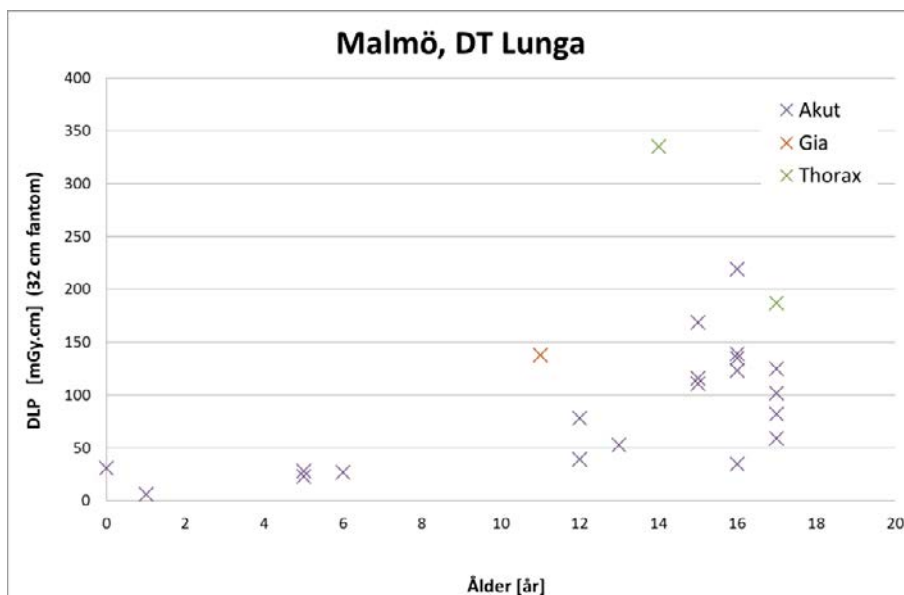
Figur 39. DLP (mGy.cm) som funktion av ålder för DT lungundersökningar utförda i Lund på de tre datortomograferna i undersökningsrummen; UR1, UR2 och UR12. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 105 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

MALMÖ

Remissensfrågeställning finns inte tillgänglig ej heller vikt och längd vid undersökningen.



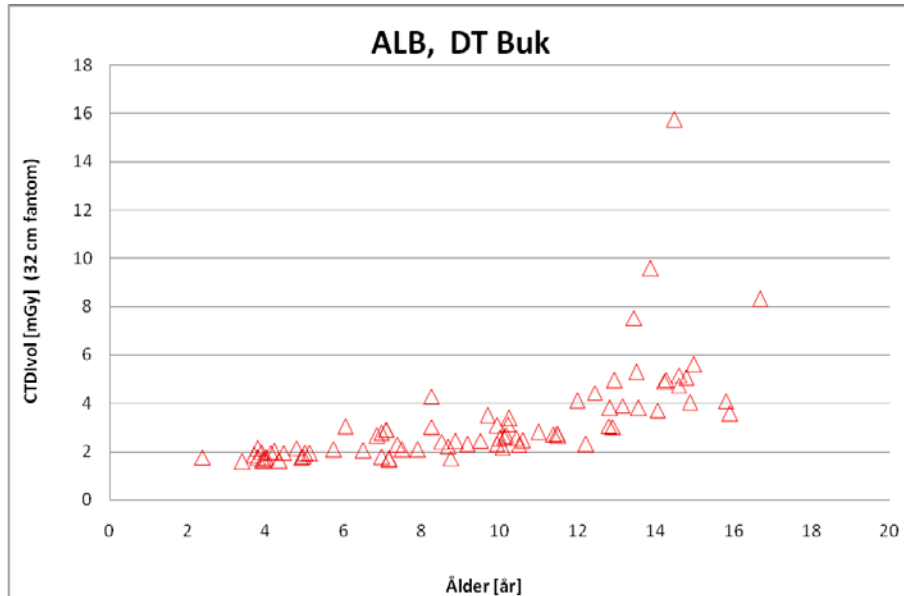
Figur 40. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT-lungundersökningar utförda i de 3 undersökningsrummen, Akut, GIA, Thorax, i Malmö. Totalt 23 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



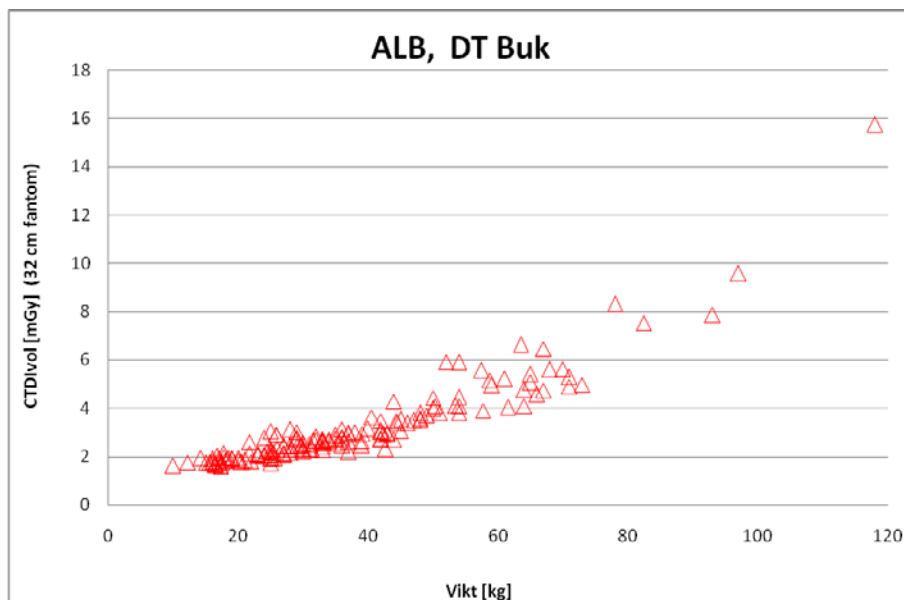
Figur 41. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT-lungundersökningar utförda i de 3 undersökningsrummen, Akut, GIA, Thorax, i Malmö. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 23 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

9.3. DT Buk

9.3.1. ALB, DT Buk



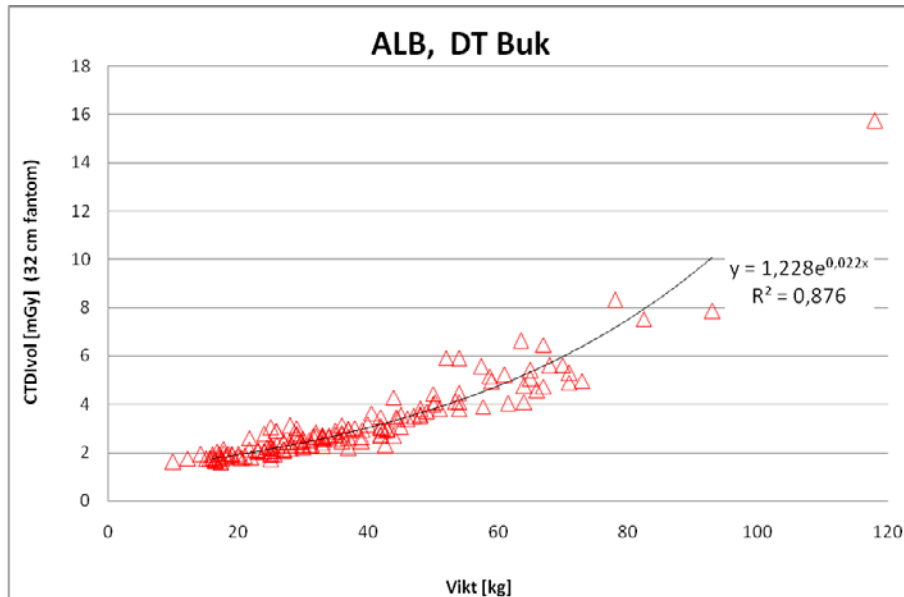
Figur 42. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT bukundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 154 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 43. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens vikt för DT bukundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning

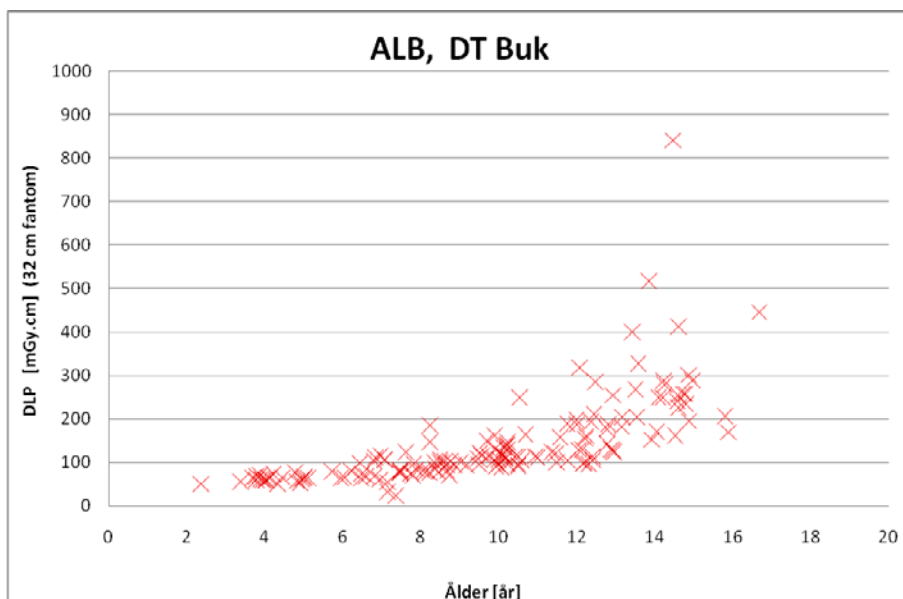
tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 155 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

I Figurerna 43 och 46 kan ses att vikten är en bättre parameter än ålder, speciellt när en exponentiell regression görs (Figur 44 och 46).

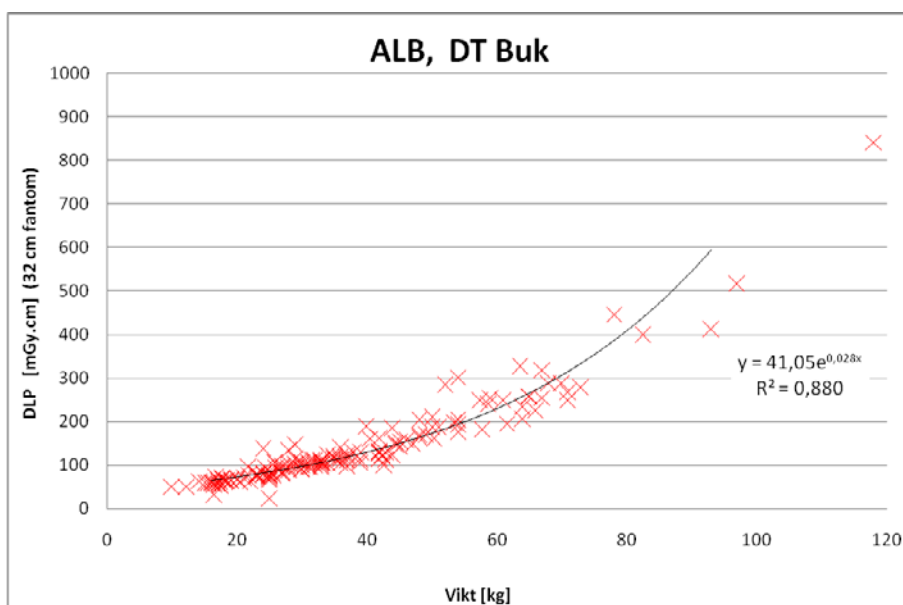


Figur 44. Samma data som i Figur 43 men här har även en exponentiell trendlinje och dess ekvation har inkluderats.

$CTDI_{vol}$ är en storhet som är beroende av patientens tvärsnitt och täthet. DLP är ju beroende av $CTDT_{vol}$, men DLP påverkas även av patientens längd, dvs längden på undersökt volym för att samtliga organ skall inkluderas i undersökningen.



Figur 45. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT bukundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. Totalt 154 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

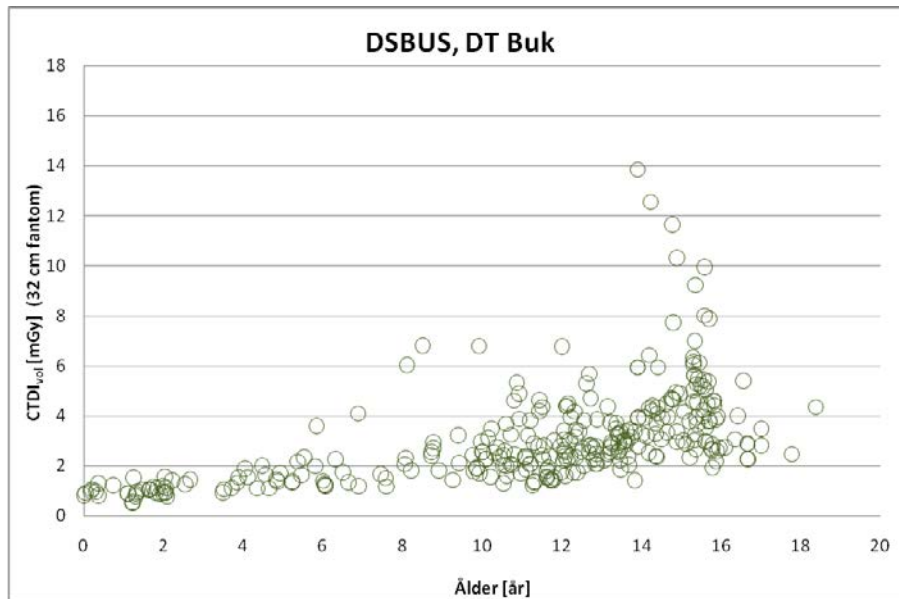


Figur 46. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens vikt för DT bukundersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för onkologi, trauma och infektions frågeställningar. En exponentiell trendlinje och dess har ekvation har inkluderats i diagrammet. Totalt 154 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

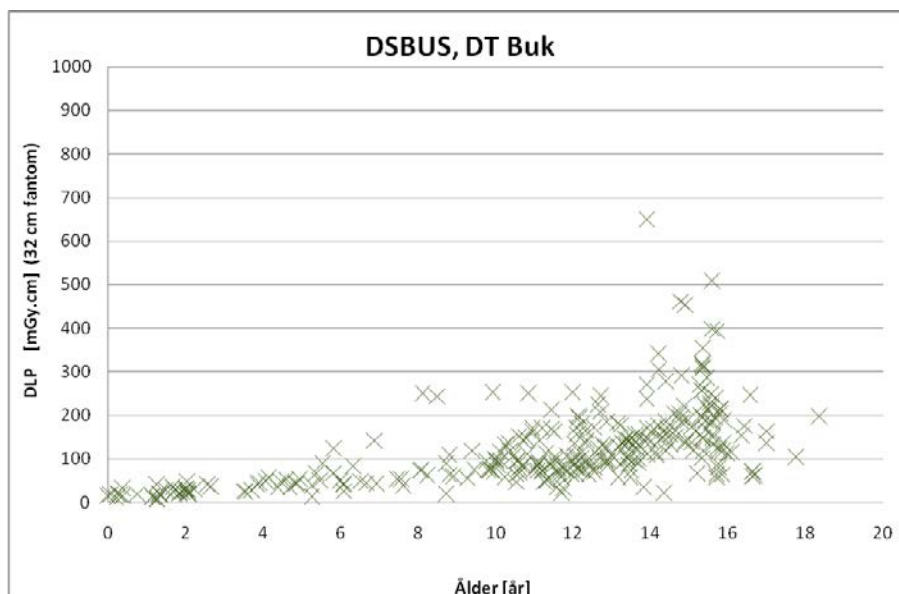
9.3.2. DSBUS, DT Buk

I DT-buk ingår standard, onkologi och appendicit protokollen.

För standard buk har man under insamlings perioden ändrat ståldoserna då man ändrat ASiR nivåerna, från 30 % till 70 %, för alla åldrar för standard, onkologi och appendicit protokollen (med start 2013-04-03).



Figur 47. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, onkologi och appendicit. Totalt 312 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

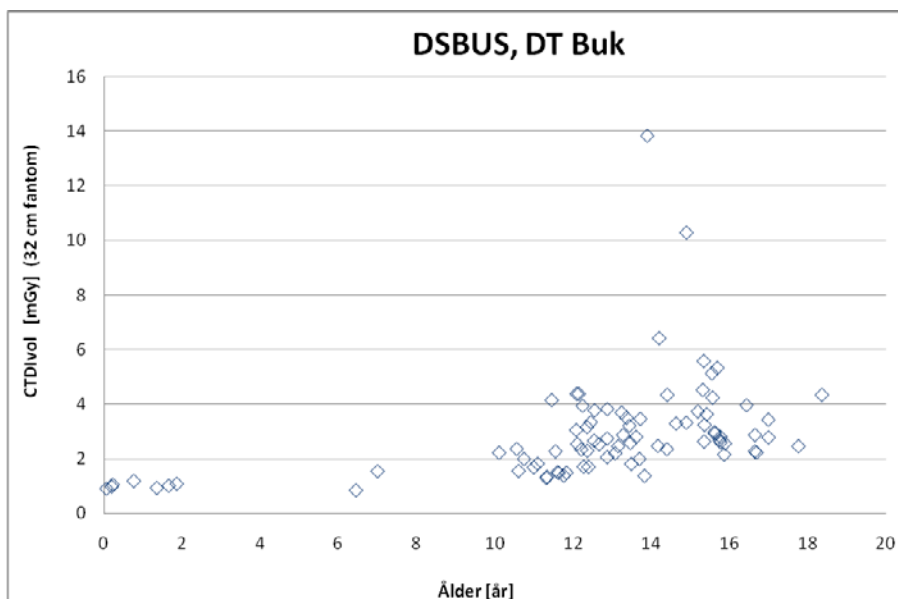


Figur 48. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, onkologi och appendicit. DLP gäller för en serie. Totalt 312 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

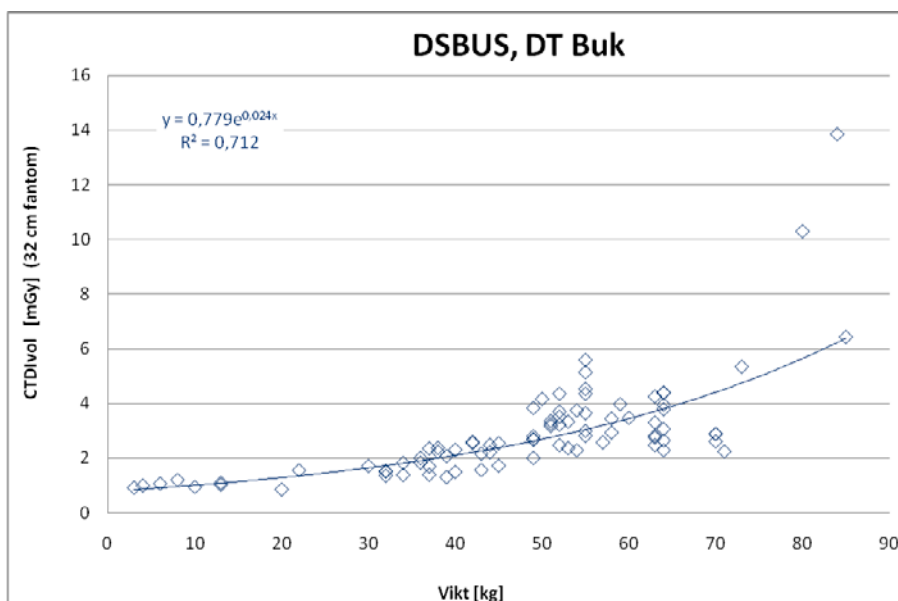
Spridningen med ålder är relativt stor och orsakas nog till viss del av att det i diagrammen är olika protokoll inkluderade. Men även att man under insamlingsperioden har gjort förändringar för att reducera stråldoserna genom att öka andelen iterativ rekonstruktion (Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, ASiR, GE Healthcare) som reducerar bruset i bilden. Tillsammans med detta har man i motsvarande grad minskat stråldosen för att på så sätt bibehålla den ursprungliga nivån på bildbruset.

Spridningen av DLP kan bero på – förutom på variationen i $CTDI_{vol}$ - att de ingående undersökningsprotokollen har varierande undersökningslängd.

Dessutom är inte vikten känd på alla patienter i figurerna ovan. Viktens inverkan jämfört med enbart ålder kan ses i figurerna nedan för de 84 patienter där kroppsvikten är känd.

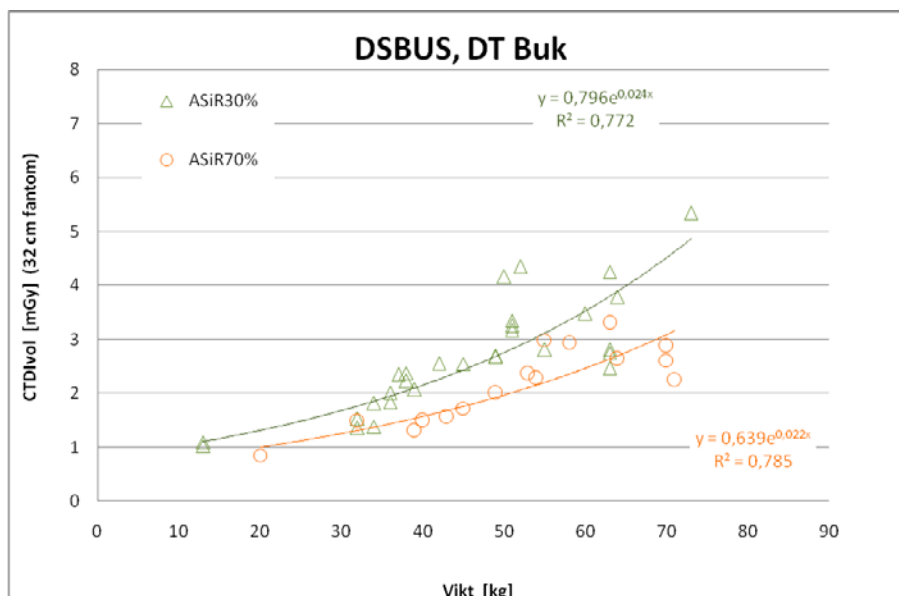


Figur 49. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av patientens ålder för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, onkologi och appendicit men endast för de patienter där patientens vikt är registrerad. Totalt 84 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 50. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av patientens vikt för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, onkologi och appendicit men endast för de patienter där patientens vikt är registrerad. I diagrammet är även en exponentiell trendlinje och dess ekvation inkluderad. Totalt 84 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

Då vi istället har vikten på x-axeln blir diagrammet annorlunda. Och man ser att orsaken till att de tre patienterna med ett $CTDI_{vol}$ över 6 mGy är att de väger mer än sina jämnåriga.



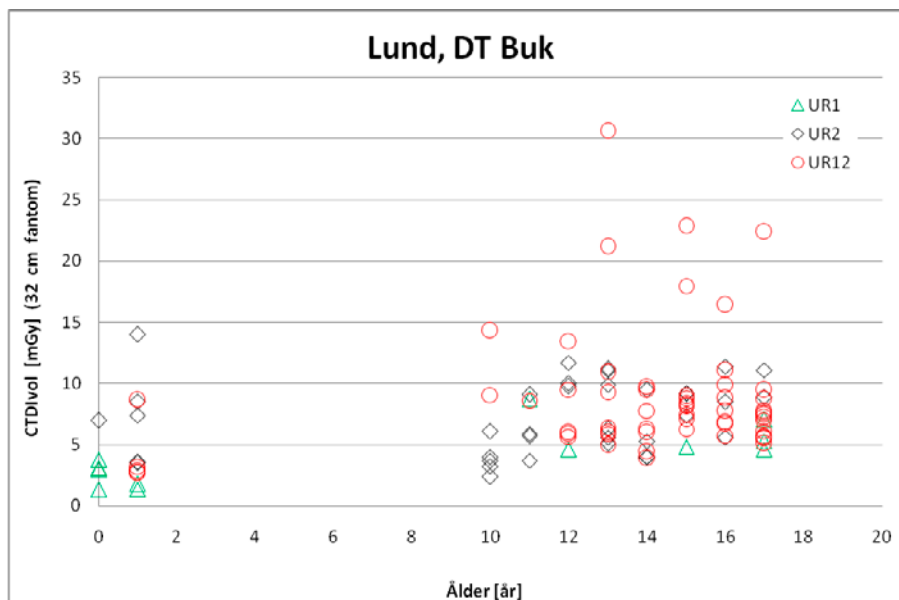
Figur 51. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens vikt för DT bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning, men endast för de patienter där patientens vikt är registrerad. Antal undersökningar med ASiR 30 % är 29 och 16 undersökningar med ASiR 70%. I diagrammet är även exponentiella trendlinjer och dess ekvationer inkluderade. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

I diagrammet i Figur 51 ovan kan en klar skillnad i trendlinjernas nivå ses, vilket visar på att man kunnat sänka CTDI_{vol} genom att ändra ASiR-nivå och med medföljande ökning av Noise Index.

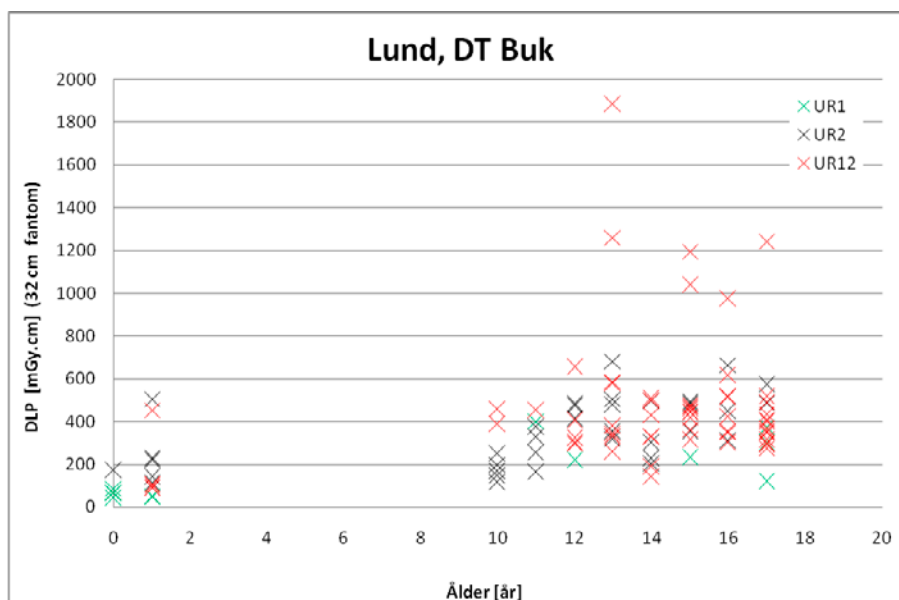
Figurerna med DT Buk från DSBUS belyser problemet med att man pga. låg undersökningsfrekvens tvingas samla in data under lång tid och att det under denna tid oftast görs förändringar i undersökningsprotokollen för att förbättra bildkvaliteten men även för att reducera stråldoserna. Detta kommer att påverka kvaliteten på de insamlade DSD data.

9.3.3. Skåne, DT Bu

LUND



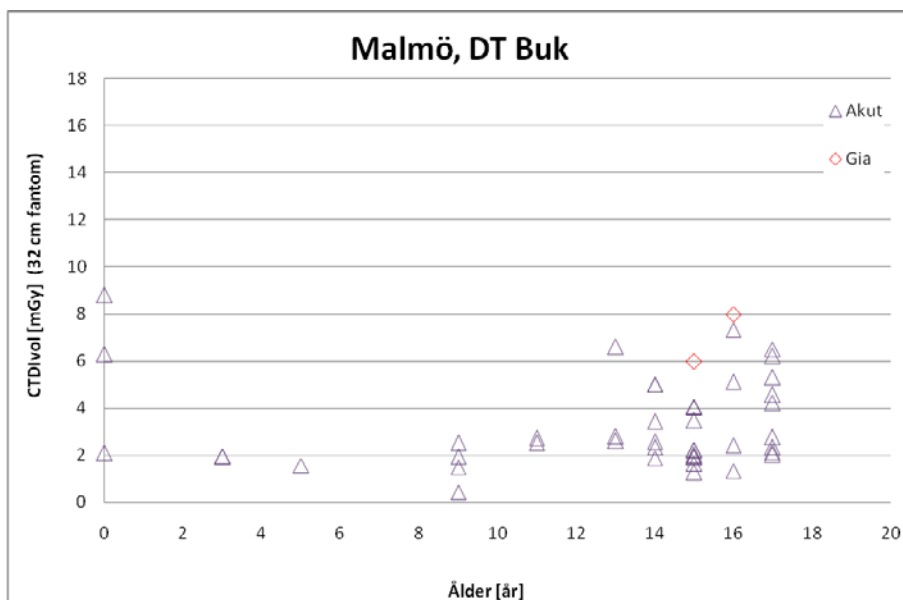
Figur 52. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av ålder för DT bukundersökningar utförda i Lund på de tre datortomograferna i undersökningsrummen; UR1, UR2 och UR12. Totalt 107 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



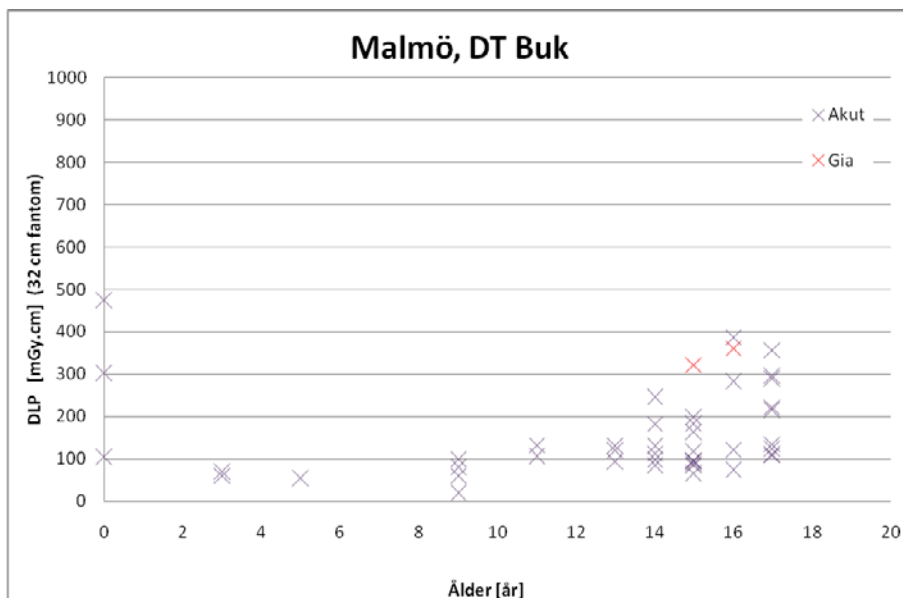
Figur 53. DLP (mGy.cm) om funktion av ålder för DT-bukundersökningar utförda i Lund på de tre datortomograferna i undersökningsrummen; UR1, UR2 och UR12. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 107 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

De högsta DLP-värdena är troligen beroende att patienten är stor för sin ålder, men det är inte känt då uppgift om vikt och längd saknas.

MALMÖ



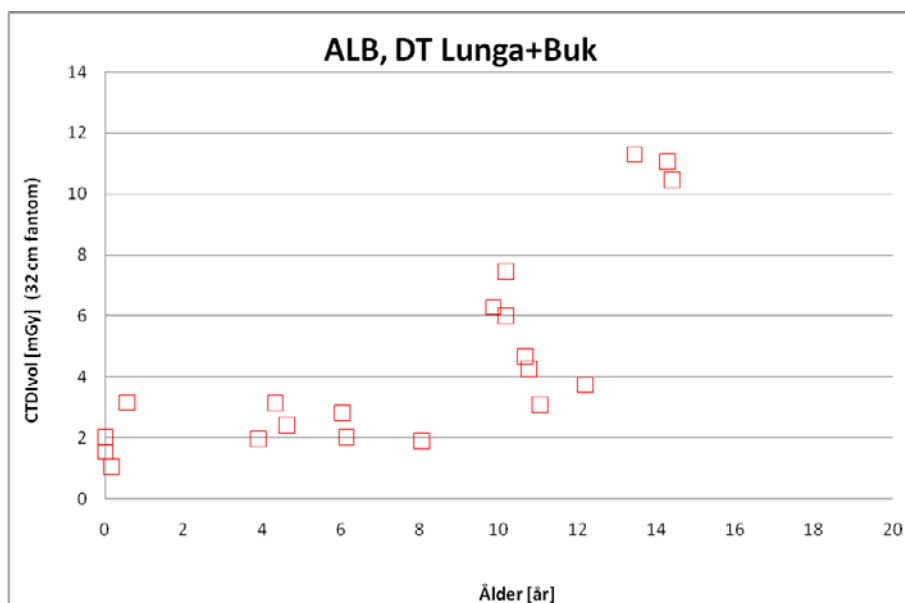
Figur 54. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT-bukundersökningar utförda i de 2 undersökningsrummen, Akut och GIA, i Malmö. Totalt 46 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



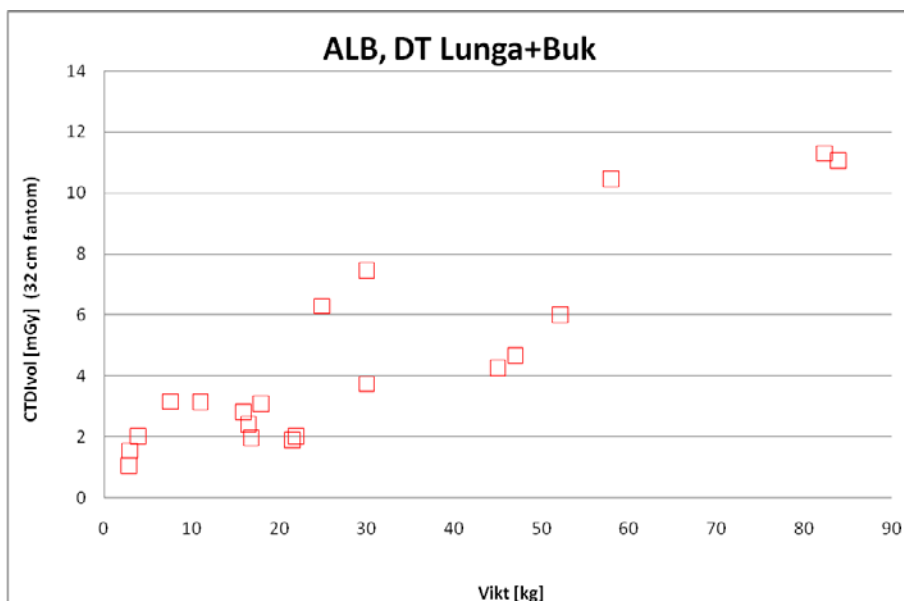
Figur 55. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT-lungundersökningar utförda i de 2 undersökningsrummen, Akut & GIA, i Malmö. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 46 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

9.4. DT Lunga+Buk

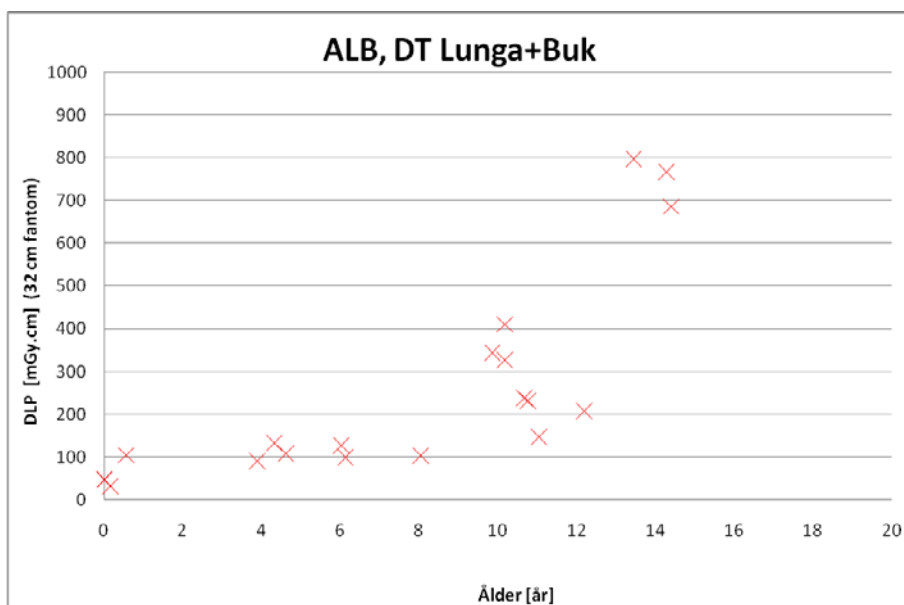
9.4.1. ALB, DT Lunga+Buk



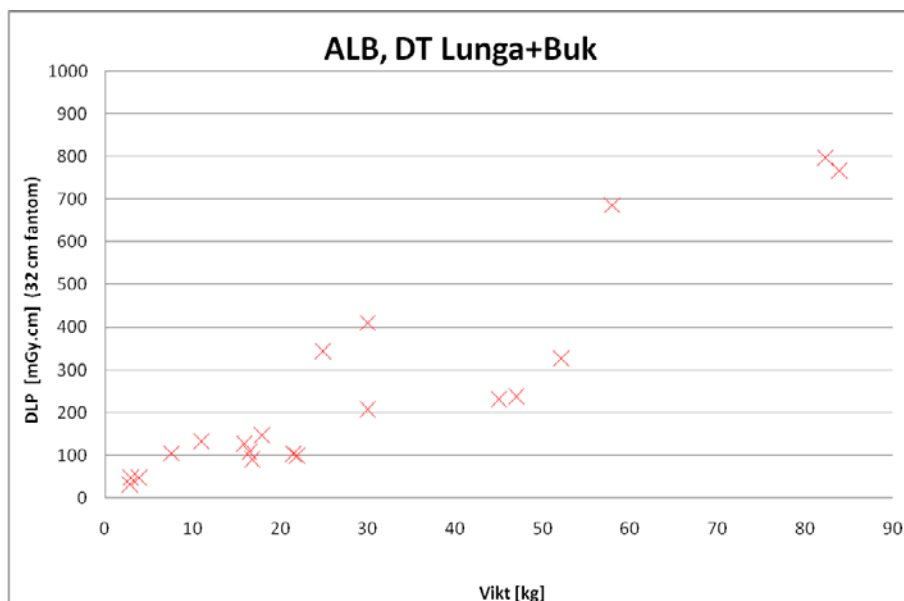
Figur 56. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT lunga+buk undersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för trauma och infektions frågeställningar. Totalt 20 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 57. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens vikt för DT lunga+buk undersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för trauma och infektions frågeställningar. Totalt 20 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

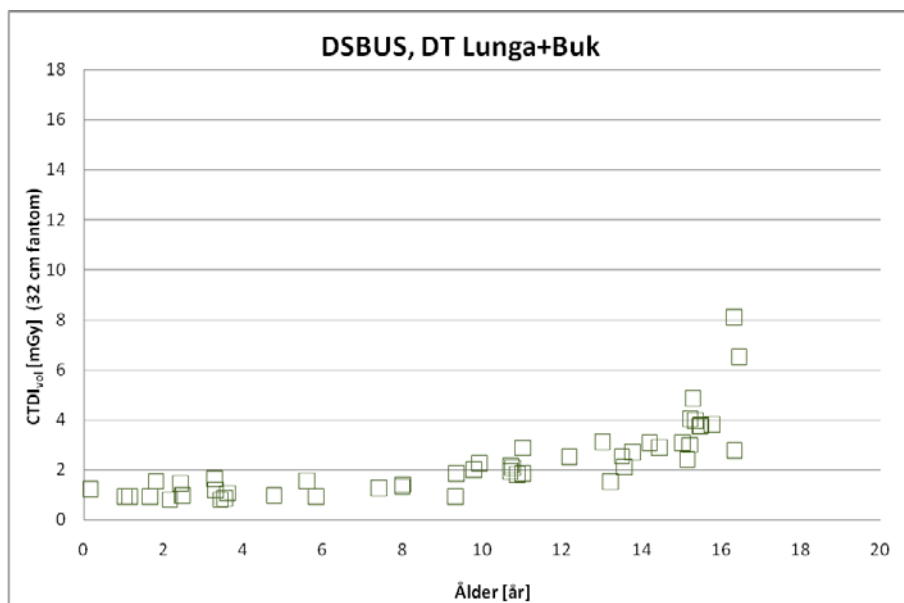


Figur 58. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT lunga+buk undersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för trauma och infektions frågeställningar. Totalt 20 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

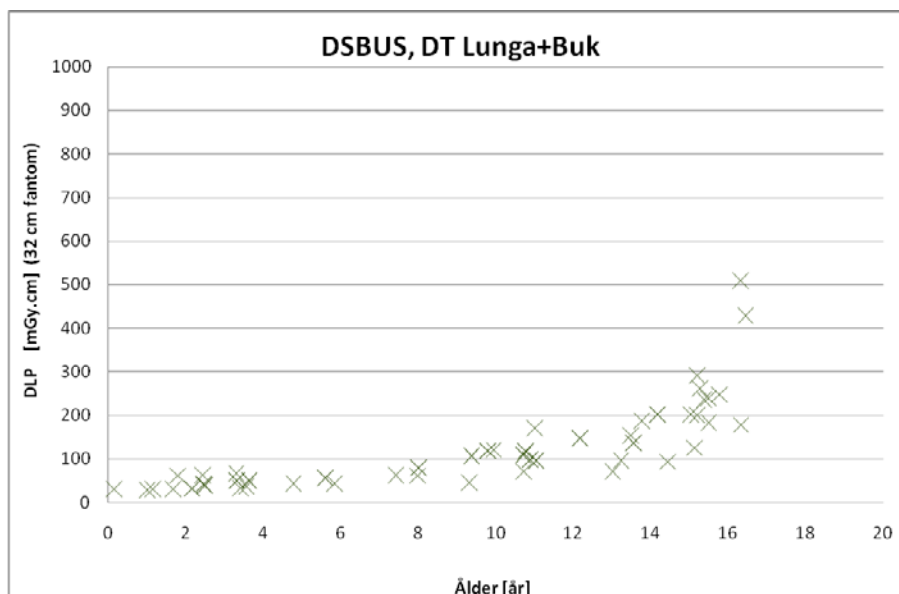


Figur 59. DLP (mGy) som funktion av patientens vikt för DT lunga+buk undersökningar utförda på ALB. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning tillsammans med de för trauma och infektions frågeställningar. Totalt 20 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

9.4.2. DSBUS, DT Lunga+Buk



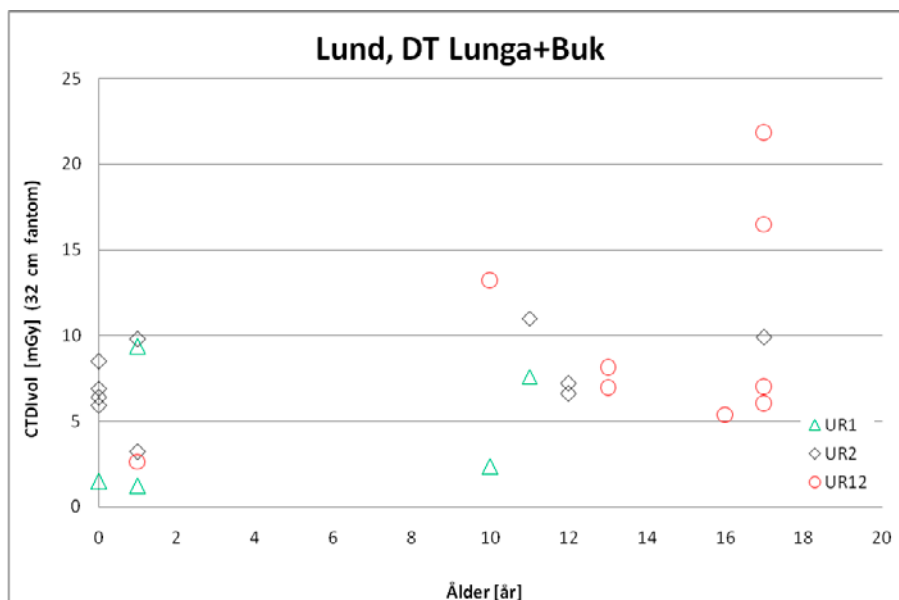
Figur 60. CTDI_{vol} (mGy) som funktion av patientens ålder för DT lunga+bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning och onkologi. Totalt 66 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



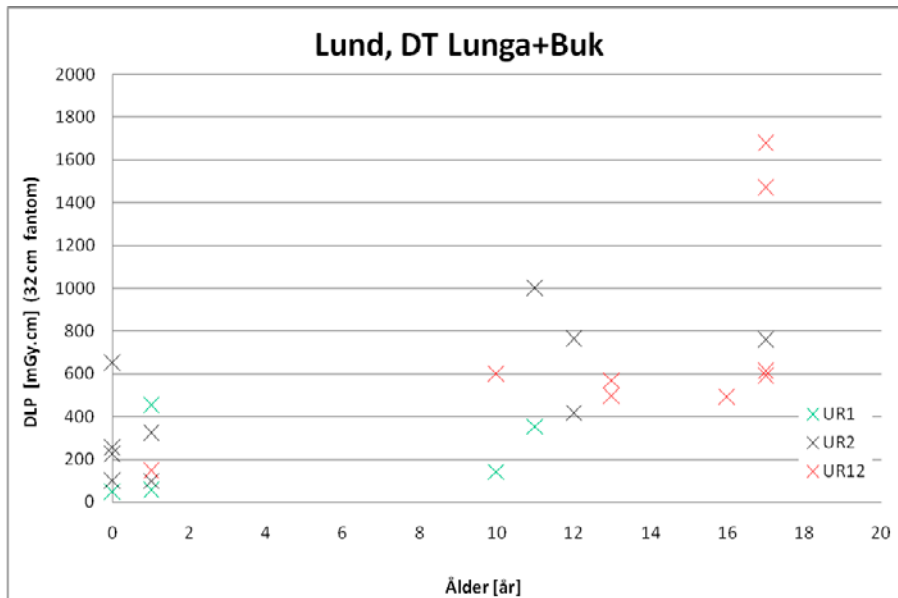
Figur 61. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT lunga+bukundersökningar utförda på DSBUS. Protokollen som inkluderats är de för standardundersökning och onkologi. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 66 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

9.4.3. Skåne, DT Lunga+Buk

LUND

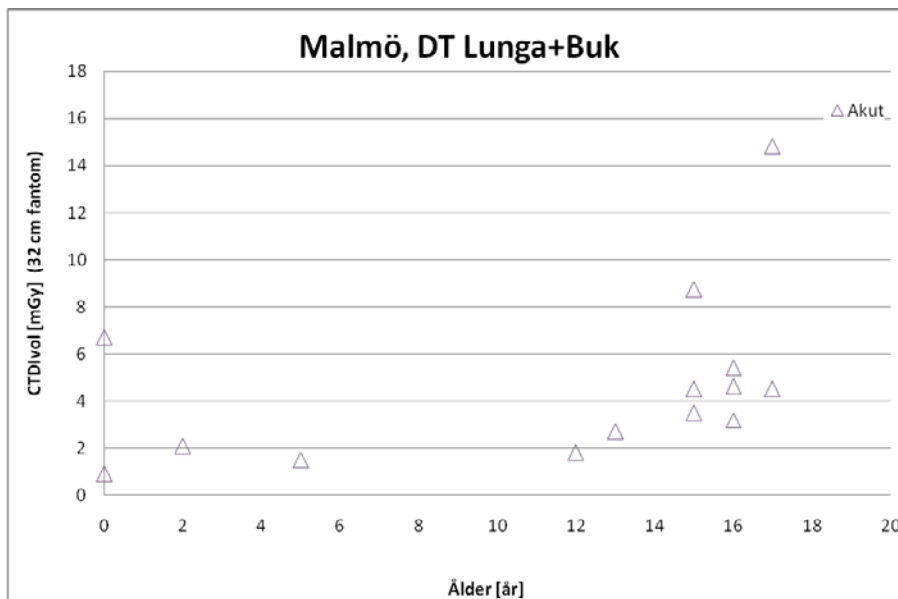


Figur 62. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av ålder för DT lunga+bukundersökningar utförda i Lund på de tre datortomograferna i undersökningsrummen; UR1, UR2 och UR12. Totalt 24 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

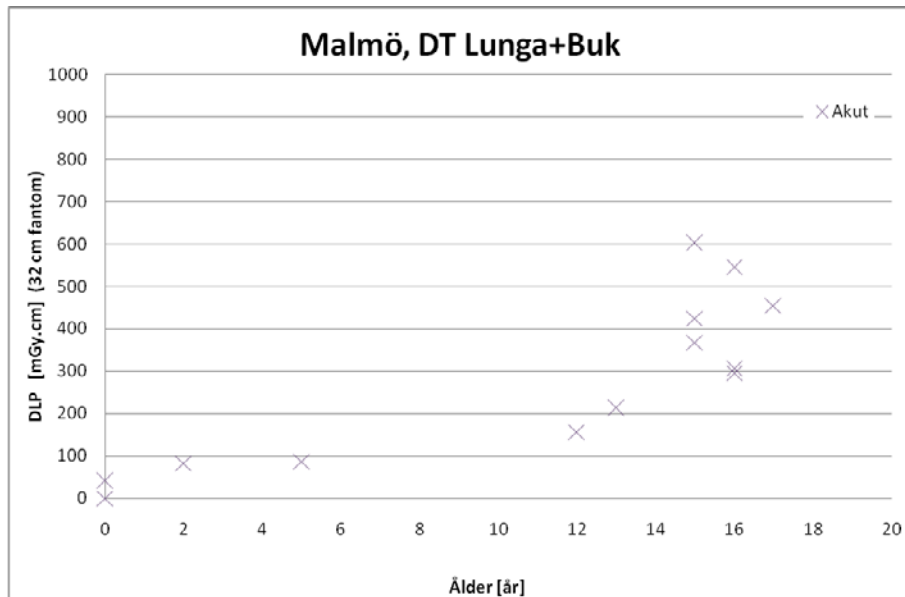


Figur 63. DLP (mGy.cm) som funktion av ålder för DT lunga+bukundersökningar utförda i Lund på de tre datortomograferna i undersökningsrummen; UR1, UR2 och UR12. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 24 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

MALMÖ



Figur 64. $CTDI_{vol}$ (mGy) som funktion av patientens ålder för DT lunga+bukundersökningar utförda i undersökningsrummet, Akut, i Malmö. Totalt 14 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.



Figur 65. DLP (mGy.cm) som funktion av patientens ålder för DT-lungundersökningar utförda i undersökningsrummet, Akut, i Malmö. Endast en serie är inkluderad i DLP. Totalt 14 undersökningar. Samtliga värden gäller för 32 cm fantomet.

10. Bilaga C. Tidigare publikationer om DRN och DSD

Några av de publicerade studierna av referensdoser för barn DT undersökningar beskrivs nedan. Generellt gäller att de tidiga studierna delar in barnen i åldersgrupper trots att en indelning efter kroppsvikt skulle ge ett bättre resultat. Denna indelning beror troligen på att kroppsvikten inte var känd vid undersökningstillfället. Det är inte standard att data som vikt och längd sparas i samband med röntgenundersökningar, speciellt inte om de utförs utan intra venös kontrast.

Var särskilt observant till vilken fantomstorlek $CTDI_{vol}$ och DLP anges för de olika undersökningarna i de olika studierna nedan.

10.1.1. Europa, 2000

År 2000 publicerades en studie om referensdoser för barn DT (Shrimpton and Wall²⁷). I studien som utfördes i Europa ingick 40 olika datortomografer i 7 länder. Studiens stråldosdata samlades in genom att frågeformulär skickades ut och fylldes i med avseende på några standardundersökningar samt returnerades tillsammans med dosdata från datortomografen.

De publicerade DRN är baserade på tredje kvartilen av de insamlade dosdata från respektive undersökningsområde. Barnen delades in i 3 grupper: 0-1 år (baby), 5 år och 10 år. Patienter över 10 år ansåg man vara likvärdiga med vuxna i storlek. Observera att alla stråldosdata anges till 16 cm fantomet – även för kroppsundersökningarna Lungor/Thorax och Buk. I Tabell 17 anges $CTDI_w$ och DLP värden. Vid studiens genomförande var det ovanligt att datortomografen angav $CTDI_{vol}$ och DLP. Egna mätningar och beräkningar fick göras.

²⁷ Shrimpton PC and Wall BF. **Reference doses for pediatric computed tomography**. Rad Prot Dosim, Vol 90, Nos 1-2, 249-252 (2000).

Tabell 17. Tabell hämtad från Shrimpton PC and Wall BF. Reference doses for pediatric computed tomography. Rad Prot Dosim, Vol 90, Nos 1-2, 249-252 (2000) (Table 3) och visar för 5 undersökningar och 3 olika åldersgrupper DRN från 40 DT i 7 olika länder i Europa. Samtliga värden gäller för 16 cm fantomet.

Table 3. Initial reference dose values for paediatric CT.

| Examination | Patient age (y) | CTDI _w per slice or rotation (mGy) | DLP per examination (mGy.cm) |
|----------------------------|-----------------|---|------------------------------|
| Brain | <1 | 40 | 300 ^a |
| | 5 | 60 | 600 ^b |
| | 10 | 70 | 750 ^b |
| Chest (general)** | <1 | 20 | 200 |
| | 5 | 30 | 400 |
| | 10 | 30 | 600 |
| Chest (HRCT) | <1 | 30 | 50 |
| | 5 | 40 | 75 |
| | 10 | 50 | 100 |
| Upper abdomen** | <1 | 20 | 330 |
| | 5 | 25 | 360 |
| | 10 | 30 | 800 |
| Lower abdomen and pelvis** | <1 | 20 | 170 |
| | 5 | 25 | 250 |
| | 10 | 30 | 500 |

^aDLP values for brain refer to single phase examination (with or without contrast).

^bExaminations mainly conducted using helical scanning.

10.1.2. Storbritannien, 2002

Under 2002 genomfördes en nationell undersökning av stråldoser vid DT-undersökningar av barn och vuxna i Storbritannien. Undersökningen genomfördes genom att respektive röntgenavdelning skickade in uppgifter enligt ett bestämt formulär. Sammanställning av data gjordes och publicerades i en rapport från National Radiological Protection Board (NRPB-W67²⁸) 2005.

Shrimpton et al.²⁹ har även med rapporten som underlag publicerat resultaten 2006. I Tabellerna 18 och 19 presenteras de erhållna CTDI_w, CTDI_{vol}, DLP-värdena och E (effektiv dos) för DT-undersökningar av Lungor/Thorax och Hjärna av barn i Storbritannien 2002. Antalet patienter/ingående undersökningar anges även för de 3 åldersgrupperna; 0-1 år, 5 år och 10 år.

I Tabellerna 20 och 21 anges referensdoser för CTDI_{vol} och DLP för både barn och vuxna. För barn anges endast data för DT-undersökningar av Lungor/Thorax och Hjärna.

Värt att notera är att man för alla patienter 0-10 år anger samtliga stråldosvärden till 16 cm fantomet även när det är kroppen som undersökts (här Chest).

²⁸ Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. **Doses from computed tomography (CT) examinations in the UK – 2003 review.** Chilton, NRPB-W67 (2005). (http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/w_series_reports/2005/nrpb_w67.htm). Accessed 12 May 2008.

²⁹ Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. **National survey of doses from CT in the UK: 2003.** Br J Radiol 79, 968-980. (2006).

Tabell 18. Tabell hämtad från Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol 79, 968-980. (2006). (Table 8).

P C Shrimpton, M C Hillier, M A Lewis and M Dunn

Table 8. Distributions of CTDI_w and CTDI_{vol} for standard routine examination protocols for children observed in the UK 2003 review of CT

| Examination | Scan region | CTDI _w (mGy) ^a | | | | | | CTDI _{vol} (mGy) ^a | | | | | |
|---------------------|-------------|--------------------------------------|------|-----|------------------|------------------|------------------|--|------|-----|------------------|------------------|------------------|
| | | No. | Mean | %CV | 25 th | 50 th | 75 th | No. | Mean | %CV | 25 th | 50 th | 75 th |
| Chest: 0-1 year old | Whole exam | 21 | 15 | 68 | 7.2 | 12 | 23 | 21 | 11 | 76 | 5.1 | 9.5 | 12 |
| Chest: 5 year old | Whole exam | 19 | 16 | 53 | 10 | 15 | 20 | 19 | 11 | 58 | 7.6 | 10 | 13 |
| Chest: 10 year old | Whole exam | 21 | 19 | 46 | 13 | 17 | 26 | 21 | 14 | 53 | 9.5 | 12 | 17 |
| Head: 0-1 year old | Post fossa | 28 | 30 | 44 | 23 | 26 | 34 | 28 | 29 | 47 | 21 | 26 | 34 |
| | Cerebrum | 32 | 23 | 49 | 17 | 21 | 28 | 32 | 23 | 49 | 17 | 21 | 28 |
| | Whole exam | 89 | 24 | 48 | 16 | 22 | 28 | 89 | 25 | 49 | 16 | 22 | 28 |
| Head: 5 year old | Post fossa | 34 | 42 | 37 | 30 | 37 | 50 | 34 | 39 | 38 | 30 | 36 | 49 |
| | Cerebrum | 46 | 33 | 42 | 21 | 29 | 42 | 46 | 32 | 43 | 21 | 29 | 42 |
| | Whole exam | 101 | 35 | 41 | 24 | 33 | 43 | 101 | 34 | 41 | 24 | 33 | 43 |
| Head: 10 year old | Post fossa | 35 | 56 | 38 | 40 | 51 | 68 | 35 | 53 | 35 | 40 | 50 | 65 |
| | Cerebrum | 49 | 38 | 37 | 29 | 37 | 46 | 49 | 38 | 37 | 29 | 37 | 46 |
| | Whole exam | 97 | 44 | 43 | 31 | 40 | 52 | 97 | 44 | 39 | 32 | 40 | 51 |

^aCalculated values of CTDI_w and CTDI_{vol} relate to the 16 cm diameter CT dosimetry phantom.

Tabell 19. Tabell hämtad från Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol 79, 968-980. (2006). (Table 9).

Table 9. Distributions of dose-length product (DLP) and effective dose (E) for standard routine examination protocols for children observed in the UK 2003 review of CT

| Examination | Scan region | DLP (mGy cm) ^a | | | | | | E (mSv) | | | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|------|-----|------------------|------------------|------------------|---------|------|-----|------------------|------------------|------------------|
| | | No. | Mean | %CV | 25 th | 50 th | 75 th | No. | Mean | %CV | 25 th | 50 th | 75 th |
| Chest: 0-1 year old | Whole exam | 20 | 159 | 78 | 68 | 128 | 204 | 20 | 6.3 | 79 | 2.6 | 5.0 | 7.9 |
| Chest: 5 year old | Whole exam | 19 | 198 | 60 | 119 | 192 | 228 | 19 | 3.6 | 60 | 2.1 | 3.5 | 4.1 |
| Chest: 10 year old | Whole exam | 21 | 303 | 57 | 174 | 287 | 368 | 21 | 3.9 | 57 | 2.3 | 3.7 | 4.8 |
| Head: 0-1 year old | Post fossa | 28 | 76 | 59 | 46 | 72 | 96 | 28 | 0.8 | 59 | 0.5 | 0.8 | 1.1 |
| | Cerebrum | 32 | 148 | 60 | 95 | 129 | 188 | 32 | 1.6 | 60 | 1.0 | 1.4 | 2.1 |
| | Whole exam | 56 | 230 | 46 | 160 | 201 | 270 | 56 | 2.5 | 46 | 1.8 | 2.2 | 3.0 |
| Head: 5 year old | Post fossa | 34 | 117 | 53 | 70 | 104 | 152 | 34 | 0.5 | 53 | 0.3 | 0.4 | 0.6 |
| | Cerebrum | 46 | 214 | 61 | 115 | 200 | 297 | 46 | 0.9 | 61 | 0.5 | 0.8 | 1.2 |
| | Whole exam | 55 | 383 | 37 | 280 | 385 | 465 | 55 | 1.5 | 37 | 1.1 | 1.5 | 1.9 |
| Head: 10 year old | Post fossa | 35 | 164 | 52 | 100 | 143 | 231 | 35 | 0.5 | 52 | 0.3 | 0.5 | 0.7 |
| | Cerebrum | 49 | 270 | 60 | 141 | 270 | 386 | 49 | 0.9 | 60 | 0.5 | 0.9 | 1.2 |
| | Whole exam | 49 | 508 | 34 | 402 | 479 | 619 | 49 | 1.6 | 34 | 1.3 | 1.5 | 2.0 |

^aCalculated values of CTDI_w and CTDI_{vol} relate to the 16 cm CT dosimetry phantom.

Tabell 20. Tabell hämtad från Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol 79, 968-980. (2006). (Table 12).

Table 12. UK National reference dose values (2003 review) for CTDI_{vol}

| Patient group | Scan region | CTDI _{vol} ^a (mGy) | |
|-----------------------|-----------------------------|--|----|
| Adults ^b | Head (posterior fossa) | 65/100 | |
| | Head (cerebrum) | 55/65 | |
| | Thorax (general) | 10/13 | |
| | Thorax (Hi-resolution) | 3/7 | |
| | Abdomen or pelvis (general) | 13/14 | |
| Children ^c | 0-1 year old | Head (posterior fossa) | 35 |
| | | Head (cerebrum) | 30 |
| | | Thorax | 12 |
| | 5 year old | Head (posterior fossa) | 50 |
| | | Head (cerebrum) | 45 |
| | | Thorax | 13 |
| | 10 year old | Head (posterior fossa) | 65 |
| | | Head (cerebrum) | 50 |
| | | Thorax | 20 |

^aDual values for adults refer to single slice (SSCT) and multislice CT (MSCT), respectively. The former values can also be applied to dual slice scanners.

^bDose values for adults relate to the 16 cm diameter CT dosimetry phantom for examinations of the head and the 32 cm diameter CT dosimetry phantom for examinations of the trunk.

^cAll dose values for children relate to the 16 cm diameter CT dosimetry phantom.

Tabell 21. Tabell hämtad från Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, and Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. Br J Radiol 79, 968-980. (2006). (Table 13).

Table 13. UK National reference doses values (2003 review) for dose-length product (DLP)

| Patient group | Examination | DLP ^a (mGy cm) | |
|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----|
| Adults ^b | Routine head (acute stroke) | 760/930 | |
| | Abdomen (liver metastases) | 460/470 | |
| | Abdomen & pelvis (abscess) | 510/560 | |
| | Chest, abdomen & pelvis (lymphoma) | 760/940 | |
| | Chest (lung cancer) | 430/580 | |
| Children ^c | Chest (diffuse lung disease) | 80/170 | |
| | Chest (malignancy) | 200 | |
| | 0-1 year old | Routine head (trauma) | 270 |
| | | Chest (malignancy) | 230 |
| | 5 year old | Routine head (trauma) | 470 |
| | | Chest (malignancy) | 370 |
| | 10 year old | Routine head (trauma) | 620 |

^aDual values for adults refer to single slice (SSCT) and multislice CT (MSCT), respectively. The former values can also be applied to dual slice scanners.

^bDose values for adults relate to the 16 cm diameter CT dosimetry phantom for examinations of the head and the 32 cm diameter dosimetry phantom for examinations of the trunk.

^cAll dose values for children relate to the 16 cm diameter CT dosimetry phantom.

10.1.3. Tyskland, 2005-2006

I Tyskland genomfördes en nationell undersökning under åren 2005 och 2006 (Galanski et al.³⁰). De centra som undersökte fler än 100 barn med DT per år inbjöds att delta och uppmanades att skicka in undersökningsdata. 42 kliniker med tillsammans 63 DT och från dessa 10 100 patientundersökningar, vilket motsvarar ca 30 % av Tysklands årliga antal DT av barn. Merparten (74 %) av datortomograferna var 2-, 4- 8- och 16-snitts DT.

Patienterna delades in i 6 åldersgrupper; Nyfödd, upp till 1 år, 1-5 år, 6-10 år, 11-15 år, och över 15 år.

Undersökningarna som de ger förslag till nationella referensdoser för är datortomografiundersökningar av Hjärna, Ansiktsskelett/Sinus, Thorax, Buk (hela, inkl pelvis) och Ländrygg, se Tabell 22 nedan. De anger DRN för undersökningar av kroppen för både 16 cm och 32 cm CTDI-fantomen.

³⁰ Galanski M, Nagel HD, and Stamm G (2006). **Paediatric CT exposure practice in the Federal Republic of Germany. Results of a nation-wide survey in 2005/06.** Medizinische Hochschule Hannover. (2006). ([http://www.mh-hannover.de/fileadmin/cliniken/diagnostische_radiologie/download/ Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf](http://www.mh-hannover.de/fileadmin/cliniken/diagnostische_radiologie/download/Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf)). Accessed 29 January 2011.

Tabell 22. Tabell hämtad från Galanski M, Nagel HD, and Stamm G (2006). Paediatric CT exposure practice in the Federal Republic of Germany. Results of a nationwide survey in 2005/06. Medizinische Hochschule Hannover (2006) (Table A15).

XIV

| Type of examination | Age group | CTDIvol16 (mGy) | DLP16 (mGy x cm) | CTDIvol32 (mGy) | DLP32 (mGy x cm) |
|-------------------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Brain | Newborn | 27 | 290 | n.a. | n.a. |
| | Up to 1 year | 33 | 390 | n.a. | n.a. |
| | 1 to 5 years | 40 | 520 | n.a. | n.a. |
| | 6 to 10 years | 50 | 710 | n.a. | n.a. |
| | 11 to 15 years | 60 | 920 | n.a. | n.a. |
| | Above 15 years | 60 | 1100 | n.a. | n.a. |
| Facial bone/sinuses | Newborn | 9 | 70 | n.a. | n.a. |
| | Up to 1 year | 11 | 95 | n.a. | n.a. |
| | 1 to 5 years | 13 | 125 | n.a. | n.a. |
| | 6 to 10 years | 17 | 180 | n.a. | n.a. |
| | 11 to 15 years | 20 | 230 | n.a. | n.a. |
| | Above 15 years | 20 | 230 | n.a. | n.a. |
| Chest | Newborn | 2 | 25 | 1 | 12 |
| | Up to 1 year | 3.5 | 55 | 1.7 | 28 |
| | 1 to 5 years | 5.5 | 110 | 2.7 | 55 |
| | 6 to 10 years | 8.5 | 210 | 4.3 | 105 |
| | 11 to 15 years | n.a. | n.a. | 6.8 | 205 |
| | Above 15 years | n.a. | n.a. | 10 | 345 |
| Entire abdomen (incl. Pelvis) | Newborn | 3 | 55 | 1.5 | 27 |
| | Up to 1 year | 5 | 145 | 2.5 | 70 |
| | 1 to 5 years | 8 | 255 | 4 | 125 |
| | 6 to 10 years | 13 | 475 | 6.5 | 240 |
| | 11 to 15 years | n.a. | n.a. | 10 | 500 |
| | Above 15 years | n.a. | n.a. | 15 | 980 |
| Lumbar spine | Newborn | 7.5 | 85 | 3.7 | 42 |
| | Up to 1 year | 13 | 165 | 6.5 | 85 |
| | 1 to 5 years | 20 | 270 | 10 | 135 |
| | 6 to 10 years | 32 | 430 | 16 | 215 |
| | 11 to 15 years | n.a. | n.a. | 26 | 380 |
| | Above 15 years | n.a. | n.a. | 37 | 530 |

Tab. A15 Proposal for diagnostic reference values for paediatric CT examinations; DLP values apply to complete examinations.

10.1.4. Schweiz, 2005

Under perioden januari – december 2005 genomfördes en studie i Schweiz (Verdun et. al³¹). Tio radiologiavdelningar vilka undersökte pediatrika patienter deltog. Sjukhusens storlek varierade mellan barnsjukhus, universitetssjukhus och sjukhus. Avdelningarna kodades och gavs bokstaven A-J som kod. De erhöll ett frågeformulär med frågor om hur man utförde de vanligaste barn DT undersökningarna av Hjärna, Lunga och Buk, hur många undersökningar per år av respektive typ. Uppgifterna skickades in och sammanställdes.

³¹ Verdun FR, Gutierrez D, Vader J P, Aroua A, Trinidad Alamo-Maestre L, Bochud F and Gudinchet F. **CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland.** Eur Radiol. vol 18. 1980-1986 (2008). DOI 10.1007/s00330-008-0963-4.

Totalt ingick 11 DT varav 3 stycken var singelsnitt DT, 8 stycken var multisnitt DT, varav 6 stycken hade 16 snitt och 1 stycken hade 8 snitt samt 1 stycken hade 64 snitt. Alltså en stor variation av typ och anskaffningsår hos dessa DT.

Barnen delades in i 4 åldersgrupper; 0-1 år, 1-5 år, 5-10 år, 10-15 år. Även en förväntad kroppsvikt angavs, se Tabell 23. I samma tabell anges totala antalet undersökningar per avdelning under hela insamlingsåret tillsammans med totala antalet undersökningar som ingått 3 624 stycken. Då några avdelningar endast hade några hundra undersökningar per år uteslöts dessa. Tabell 24 anger de återstående undersökningarna för respektive undersökningstyp och avdelning. Totalt ingår då 2 496 undersökningar varav 1 551 var DT Hjärna.

Tabell 23. Tabell hämtad från Verdun FR, Gutierrez D, Vader J P, Aroua A, Trinidad Alamo-Maestre L, Bochud F and Gudinchet F. CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland. Eur Radiol. vol 18. 1980-1986 (2008) (Table 2).

Table 2 Number of examinations performed in the various centres

| Centre | 0-5 years (0-20 kg) | 5-10 years (20-35 kg) | 10-15 years (>35 kg) | Total |
|----------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|
| A ^a | 208 | 126 | 186 | 520 |
| B | 10 ^b | 7 ^b | 8 ^b | 25 |
| D ^a | 304 | 219 | 290 | 813 |
| E | 29 | 35 | 33 | 97 |
| F | 69 | 76 | 145 | 290 |
| G ^a | 261 | 212 | 217 | 690 |
| I ^a | 563 | 273 | 203 | 1039 |
| J | 26 | 38 | 86 | 150 |
| All | 1,470 | 986 | 1,168 | 3,624 |

^aUniversity or paediatric hospital

^bBased on the total number and using the average distribution of all the other centres

Tabell 24. Tabell hämtad från Verdun FR, Gutierrez D, Vader J P, Aroua A, Trinidad Alamo-Maestre L, Bochud F and Gudinchet F. CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland. Eur Radiol. vol 18. 1980-1986 (2008) (Table 3).

Table 3 Number of examinations per type of examination. (Only the five centres, A, E, G, I and J, which gave detailed information, are considered)

| Examination | 0-5 years (0-20 kg) | 5-10 years (20-35 kg) | 10-15 years (>35 kg) | Total |
|-------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|
| Brain | 793 | 407 | 351 | 1,551 |
| Chest | 173 | 146 | 198 | 517 |
| Abdomen | 121 | 131 | 176 | 428 |
| Total | 1,087 | 684 | 725 | 2,496 |

Författarna anger att de genom korrekationer och antagande av skannlängder kan uppskatta CTDI_{vol} och DLP. Författarna anger också att de anger CTDI_{vol} och DLP värden i enlighet med IEC standarden 60601-2-44, vilket innebär att man för DT Hjärna använder 16 cm fantomet och för DT Lunga och DT Buk använder 32 cm fantomet. Medelvärde och spridning i form av min och max värden av CTDI_{vol} och DLP anges i Tabell 25 för alla 10 centra.

Tabell 25. Tabell hämtad från Verdun FR, Gutierrez D, Vader J P, Aroua A, Trinidad Alamo-Maestre L, Bochud F and Gudinchet F. CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland. Eur Radiol. vol 18. 1980-1986 (2008) (Table 4).

Table 4 Means values averaged over participating centres and ranges of CTDI_{vol} (mGy) and the DLP (mGy cm) values

| Age group | Quantity | Brain | | | Chest | | | Abdomen | | |
|-------------|---------------------|-------|------|-----------|-------|------|----------|---------|------|--------|
| | | n | Mean | Range | n | Mean | Range | n | Mean | Range |
| <1 year | CTDI _{vol} | 9 | 17 | 8.3-41 | 9 | 4.2 | 0.8-11 | 8 | 5.9 | 1.4-16 |
| | DLP | 9 | 213 | 66-414 | 9 | 85 | 12-198 | 8 | 107 | 29-258 |
| 1-5 years | CTDI _{vol} | 10 | 25 | 13-41 | 10 | 6.5 | 0.8-20 | 10 | 7.2 | 1.4-16 |
| | DLP | 10 | 332 | 144-538 | 10 | 161 | 12-617 | 10 | 238 | 29-650 |
| 5-10 years | CTDI _{vol} | 10 | 32 | 13-50 | 10 | 7.6 | 2.1-20 | 10 | 10 | 1.4-17 |
| | DLP | 10 | 451 | 173-621 | 10 | 178 | 32-352 | 10 | 308 | 29-627 |
| 10-15 years | CTDI _{vol} | 10 | 45 | 14-85 | 10 | 9.6 | 2.1-26 | 10 | 13 | 4.5-18 |
| | DLP | 10 | 805 | 216-1'485 | 10 | 366 | 32-1'298 | 10 | 398 | 90-738 |

I Tabell 26 anger författarna de DRN man kommit fram till för DT Hjärna, DT Lunga och DT Buk för de 4 olika åldersgrupperna i Schweiz. Man gör även jämförelser med studierna ovan i denna rapport ("Tyskland, 2005-2006" är [6] (kapitel 10.1.3), "Storbritannien, 2002" är [26] (kapitel 10.1.2) och "Europa 2000" är [31] (kapitel 10.1.1)).

Notera att man i studien "Storbritannien, 2002 ref [26]" anger samtliga dosvärden för 16 cm plexiglasfantomet, dvs. även för kroppsundersökningarna.

Tabell 26. Tabell hämtad från Verdun FR, Gutierrez D, Vader J P, Aroua A, Trinidad Alamo-Maestre L, Bochud F and Gudinchet F. CT radiation dose in children: a survey to establish age-based diagnostic reference levels in Switzerland. Eur Radiol. vol 18. 1980-1986 (2008) (Table 5).

Table 5 DRL values in terms of CTDI_{vol} (mGy) and the DLP (mGy cm) established in the present work compared with the data reported in Germany (D) and the UK

| Age group | Quantity | Brain | | | Chest | | | Abdomen | | |
|-------------|---------------------|-----------|-------|---------|-----------|-------|---------|-----------|-------|------------------|
| | | This work | D [6] | UK [26] | This work | D [6] | UK [26] | This work | D [6] | UK [26] |
| <1 year | CTDI _{vol} | 20 | 33 | 30 | 5 | 3.5 | 12 | 7 | 5 | 20 ^a |
| | DLP | 270 | 390 | 270 | 110 | 55 | 200 | 130 | 145 | 170 ^a |
| 1-5 years | CTDI _{vol} | 30 | 40 | 45 | 8 | 5.5 | 13 | 9 | 8 | 20 ^a |
| | DLP | 420 | 520 | 470 | 200 | 110 | 230 | 300 | 255 | 250 ^a |
| 5-10 years | CTDI _{vol} | 40 | 50 | 50 | 10 | 8.5 | 20 | 13 | 13 | 30 ^a |
| | DLP | 560 | 710 | 620 | 220 | 210 | 370 | 380 | 475 | 500 ^a |
| 10-15 years | CTDI _{vol} | 60 | 60 | 65 | 12 | 6.8 | 14 | 16 | 10 | 14 |
| | DLP | 1'000 | 920 | 930 | 460 | 205 | 580 | 500 | 500 | 560 |

^aThese values recommended in the EU are taken from reference [31]. For the UK, adult values were taken for age group 10-15 years since they were not available in the report

Ingen korrektion har gjorts av författarna i denna studie ej heller har de reflekterat över detta att man jämför dosdata baserade på stråldos i olika fantomstorlekar. Skillnaden mellan dosvärden angivna i 16 cm fantomet jämfört med 32 cm är grovt räknat en faktor 2 (beror av DTns rörfiltrering och använd rörspänning) och det kan delvis förklara att Chest och Abdomen för UK [26] är av storleksordningen en faktor 2 högre.

10.1.5. Australien, 2006-2008

Watson and Coakley³² har gjort en retrospektiv studie av 1 382 DT undersökningar utförda på en 64-snitts DT under perioden augusti 2006 till juli 2008 på the Royal Children's Hospital i Brisbane.

De är medvetna om problemet med för vilken fantomstorlek som CTDI_{vol} och DLP anges för barn. De anger kroppsundersökningar för både 16 cm och 32 cm fantom. I Tabell 27-29 återfinns stråldosdata för respektive DT Hjärna, DT Lunga och DT undersökningar. De CTDI värdena som anges för Brain helical i Tabell 27 är låga och kan bero på att man även inkluderat lågdosundersökningar som shunt-kontroll. Man har även inkluderat data från ref [9] vilket motsvarar ”kapitel 10.1.2 Storbritannien, 2002” ovan, och ref [11] vilket motsvarar ”kapitel 10.1.1 Europa, 2000” ovan.

Tabell 27. Tabell hämtad från Watson DJ and Coakley KS. Paediatric CT reference dose based on weight and CT dosimetry phantom size: local experience using a 64-slice CT scanner. *Pediatr Radiol*, vol 40, 693-703. (2010) (Table 4).

698 Pediatr Radiol (2010) 40:693-703

Table 4 Brain helical with the 16-cm-diameter CT dosimetry phantom as the reference

| Sample size | Weight range (kg) | Average age (years) | CTDI | Weight-based LDRL (mGy*cm) | Average age LDRL (mGy*cm) | Mean DLP (mGy*cm) | DLP range (mGy*cm) | Shrimpton et al. [9] DRL (mGy*cm) |
|-------------|-------------------|---------------------|------|----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 41 | 0-9 | 0.08 | 7 | 108.5 | 177.5 | 106 | 76-188 | 270 |
| 60 | 9-19 | 2.2 | 7 | 185.5 | 177.5 | 171 | 70-422 | 470 |
| 60 | >19 | 8.6 | 16 | 367.8 | 347.2 | 337 | 155-449 | 620 |

Tabell 28. Tabell hämtad från Watson DJ and Coakley KS. Paediatric CT reference dose based on weight and CT dosimetry phantom size: local experience using a 64-slice CT scanner. *Pediatr Radiol*, vol 40, 693-703. (2010) (Table 8).

700 Pediatr Radiol (2010) 40:693-703

Table 8 Chest with the 32-cm-diameter CT dosimetry phantom as the reference

| Sample size | Weight range (kg) | Average age (years) | CTDI _{vol} | Weight-based LDRL (mGy*cm) | Average age LDRL (mGy*cm) | Mean DLP (mGy*cm) | DLP range (mGy*cm) | Shrimpton et al. [9] DRL's (mGy*cm) ^a |
|-------------|-------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--|
| 21 | 0-10 | 0.7 | n/a | 33.3 | 39.6 | 28.5 | 9-50 | 100 |
| 99 | 11-25 | 4.8 | 3 | 46.9 | 40.1 | 41.3 | 17-82 | 115 |
| 44 | 26-40 | 9.9 | 4 | 88.4 | 94.8 | 76 | 47-164 | 300 |
| 56 | 41-60 | 13.3 | 7 | 178.7 | 199.8 | 163.9 | 92-296 | - |
| 22 | 61-75 | 14.7 | 9 | 282 | 199.8 | 230.6 | 140-358 | - |
| 9 | >75 | 14.4 | 16 | 427.4 | 199.8 | 389.6 | 192-475 | - |

^a Adjusted to 32-cm dosimetry phantom equivalent

³² Watson DJ and Coakley KS. Paediatric CT reference dose based on weight and CT dosimetry phantom size: local experience using a 64-slice CT scanner. *Pediatr Radiol*, vol 40, 693-703, (2010). DOI 10.1007/s00247-009-1469-1.

Tabell 29. Tabell hämtad från Watson DJ and Coakley KS. Paediatric CT reference dose based on weight and CT dosimetry phantom size: local experience using a 64-slice CT scanner. *Pediatr Radiol*, vol 40, 693-703. (2010) (Table 12).

702

Pediatr Radiol (2010) 40:693–703

Table 12 Abdomen/pelvis with the 32-cm CT dosimetry phantom as the reference

| Sample size | Weight range (kg) | Average age (years) | CTDI (mGy) | Weight-based LDRL (mGy*cm) | Average age LDRL (mGy*cm) | Mean DLP (mGy*cm) | DLP range (mGy*cm) | Shrimpton and Wall [11] ** DRL (mGy*cm) ^a |
|-------------|-------------------|---------------------|------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--|
| 8 | 0–10 | 0.6 | n/a | 47.1 | 60.9 | 33.6 | 17–61 | 250 |
| 28 | 11–25 | 4.5 | 5 | 98.2 | 67.4 | 76.7 | 36–110 | 305 |
| 24 | 26–40 | 10.4 | 7 | 176.9 | 160.4 | 156.5 | 88–252 | 750 |
| 20 | 41–60 | 13.4 | 10 | 318.2 | 318.2 | 250.8 | 96–488 | – |
| 2 | 61–75* | 14.5 | 17 | 804.5 | 318.2 | 742.6 | 619–866 | – |
| 1 | >75* | | 12 | | | 444.8 | 445 | – |

^a Adjusted to 32 cm dosimetry phantom equivalent

* Low data due to paediatric institution

** Combined upper abdomen and lower abdomen and pelvis values

Författarna har introducerat begreppet LDRL (Local-DRL, Local Diagnostic Reference Level) dvs. lokal-DRN. Detta då det är svårt för ett barnsjukhus att jämföra sig med andra röntgenavdelningar i landet där DT undersökning av barn utförs. De tar även upp problemet med ålders- respektive viktbaseerade DRN (i tabellerna LDRL).

I Tabell 30 anges författarna lokala referensnivåer för deras barnsjukhus. Man har även inkluderat data från ref [9] vilket motsvarar ”kapitel 10.1.2. Storbritannien, 2002” ovan, och ref [11] vilket motsvarar ”kapitel 10.1.1. Europa, 2000” ovan.

Tabell 30. Tabell hämtad från Watson DJ and Coakley KS. Paediatric CT reference dose based on weight and CT dosimetry phantom size: local experience using a 64-slice CT scanner. *Pediatr Radiol*, vol 40, 693-703. (2010) (Table 13).

Table 13 Local reference dose values for paediatric CT and comparison to previous DRL values

| Exam | Patient weight (kg) | CTDI _{vol} 16-cm CT dosimetry phantom equivalent (mGy) | CTDI _{vol} 32-cm CT dosimetry phantom equivalent (mGy) | LDRI per exam 16-cm CT dosimetry phantom (mGy.cm) | LDRI per exam 32-cm CT dosimetry phantom (mGy*cm) | Shrimpton and Wall [11] DRL 16-cm phantom equivalent (mGy*cm) | Shrimpton et al [9] DRL 16-cm phantom equivalent (mGy*cm) |
|------------------------|---------------------|---|---|---|---|---|---|
| Brain-axial (± shunts) | 0-9 | 7 | n/a | 75 | n/a | 300 | 270 |
| | 9-19 | 7 | | 80 | | – | – |
| | >19 | 16 | | 260 | | 750 | 620 |
| Brain-helical | 0-9 | 7 | n/a | 115 | n/a | 300 | 270 |
| | 9-19 | 12 | | 185 | | – | – |
| | >19 | 21 | | 370 | | 750 | 620 |
| Temporal bones | 0-9 | 6 | n/a | 35 | n/a | – | – |
| | 9-19 | 8 | | 45 | | | |
| | >19 | 9 | | 75 | | | |
| Sinuses | 0-9 | 6 | n/a | 35 | n/a | – | – |
| | 9-19 | 5 | | 55 | | | |
| | >19 | 7 | | 95 | | | |
| Chest | 0-10 | 3 | 3 | 70 | 35 | 200 | 200 |
| | 11-25 | 3 | 4 | 95 | 47.5 | 400 | 230 |
| | 26-40 | 5 | 7 | 180 | 90 | 600 | 370 |
| | 41-60 | | 9 | 360 | 180 | | n/a |
| | 61-75 | | 16 | 560 | 280 | | n/a |
| | >75 | | | 940 | 470 | | n/a |
| HRCT | 0-10 | 13 | 16 | 55 | 27.5 | 50 | n/a |
| | 11-25 | 20 | 21 | 65 | 32.5 | 75 | |
| | 26-40 | | 29 | 90 | 45 | 100 | |
| | 41-60 | | 29 | 150 | 75 | | |
| | 61-75 | | – | 150 | 75 | | |
| | >75 | | | 150 | 75 | | |
| Abdomen/pelvis | 0-10 | 3 | 5 | 95 | 48 | 500** | n/a |
| | 11-25 | 5 | 7 | 200 | 100 | 610** | |
| | 26-40 | 5 | 10 | 360 | 180 | 1300** | |
| | 41-60 | 8 | 17 | 640 | 320 | | |
| | 61-75 | | | 1610* | 805 | | |

* Low data sample

** Combined upper abdomen and lower abdomen and pelvis values

10.1.6. Finland och Litauen, 2011

Järvinen et al.³³ har studerat DT Lungundersökning av barn på 5 universitetssjukhus i Finland och DT Hjärnundersökning av barn på 2 barnsjukhus i Litauen. Även ett sjukhus i Estland ingick i studien men inte i resultaten nedan. Totalt inkluderades 9 DT av varierande ålder och typ, dvs. allt från SSDT till 64-snitts MSDT.

Man har begärt in patient- och dosdata för 2 utvalda frågeställningar för DT Lunga; ”cancer follow-up (detection, distribution and metastases survey) and congenital anomaly” och för 3 utvalda frågeställningar för DT Hjärna; ”trauma, epilepsy and ventricular size”.

Författarna är medvetna om problemet med CTDI fantomen och har för undersökningar av kroppen registrerat CTDI_{vol} och DLP till 32 cm fantomet men visar DLP data till 16 cm fantomet i Tabell 31 för att kunna jämföra sig med data från ref [6] vilket motsvarar ”Europa, 2000” i kapitel 10.1.1 ovan, ref [7] vilket motsvarar ”Storbritannien, 2002” i kapitel 10.1.2 ovan och ref [8] vilket motsvarar ”Australien, 2006-2008” i kapitel 10.1.5 ovan.

³³ Järvinen H, Merimaa K, Seuri R, Tyrväinen E, Perhomaa M, Savikuki-Heikkilä P, Svedström E, Ziliukas J and Lintorp M. **Patient doses in paediatric CT: feasibility of setting diagnostic reference levels.** *Rad Prot Dosim*, vol 147, no 1-2, 142-146 (2011). DOI:10.193/rpd/ncr293.

Tabell 31. Tabell hämtad från Järvinen H, Merimaa K, Seuri R, Tyrväinen E, Perhomaa M, Savikuki-Heikkilä P, Svedström E, Ziliukas J and Lintorp M. Patient doses in paediatric CT: feasibility of setting diagnostic reference levels. Rad Prot Dosim, vol 147, no 1-2, 142-146 (2011) (Table 1).

FEASIBILITY OF DRLS IN PAEDIATRIC CT

Table 1. Comparison of third quartile values of DLP_w , obtained in this study, for chest CT with indication 'cancer follow-up', with equivalent data from some other studies.

| Patient weight range (kg) | This work, third quartile: mean value within weight range | This work, variation of third quartile within weight range | Watson and Coakley ⁽⁶⁾ | Shrimpton and Wall ⁽⁶⁾ | Shrimpton <i>et al.</i> ⁽⁷⁾ |
|---------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 0–10 | 52 | 0–104 | 70 | 200 | 200 |
| 11–25 | 146 | 110–182 | 95 | 400 | 230 |
| 26–40 | 216 | 188–244 | 180 | 600 | 370 |
| 41–60 | 282 | 248–316 | 360 | | |
| 61–75 | 341 | 318–362 | 560 | | |
| >75 (75–100) | 398 | 362–434 | 940 | | |

DLP_w corresponds to console calibration with a 16-cm diameter phantom.

Författarna föreslår att DRN av kroppen skall vara en kontinuerlig kurva som funktion av patientens vikt. De föreslår vidare att man med 2-3 års mellanrum på nytt skall ta fram denna DRN-kurva för respektive DT, DT undersökning och frågeställning. Jämförelsen med tidigare år blir då att studera hur den nya kurvan förhåller sig till den gamla.

DRN-kurvan för Hjärna kan baseras på ålder eller patientens vikt. I Tabell 32 anges DLP_w -värden för DT Hjärna med epilepsifrågeställning.

Jämförelse av stråldosdata görs även här med . ref [6] vilket motsvarar ”Europa, 2000” i kapitel 10.1.1 ovan och ref [7] vilket motsvarar ”Storbritannien, 2002” i kapitel 10.1.2 ovan.

Tabell 32. Tabell hämtad från Järvinen H, Merimaa K, Seuri R, Tyrväinen E, Perhomaa M, Savikuki-Heikkilä P, Svedström E, Ziliukas J and Lintorp M. Patient doses in paediatric CT: feasibility of setting diagnostic reference levels. Rad Prot Dosim, vol 147, no 1-2, 142-146 (2011) (Table 1).

Table 2. Comparison of DLP_w values (mGy cm) obtained in this study, for head CT with indication 'epilepsy', with DLP_w third quartile data from some other studies, for 'brain axial CT'.

| Patient weight range (kg) | Average age (years) | This work (Lithuania) DLP_w epilepsy | Shrimpton and Wall ⁽⁶⁾ third quartile | Shrimpton <i>et al.</i> ⁽⁷⁾ third quartile |
|---------------------------|---------------------|--|--|---|
| 0–9 | 1.1 | 350 | 300 | 270 |
| 9–19 | 2.4 | 500 | | |
| >19 | 9.6 | 650 | 750 | 620 |

DLP_w corresponds to console calibration with a 16-cm diameter phantom.

10.1.7. USA, 2013

Godske et al³⁴. har genomfört en retrospektiv multicenter studie i USA. Patienterna har genomgått en DT Bukundersökning med intravenöst injicerad kontrast mellan 1 september till 1 december 2009.

Sexton DT på 6 sjukhus har använts för de totalt ingående 934 pediatrika patienter med medelåldern 10 år. Man har manuellt hämtat ut data ur datortomografens DoseReport och ur bildernas DICOM taggar.

Patienterna har delats in i grupper efter lateral måttet (BW=body width) i höjd med mjältvenen.

I Tabell 33 och 34 anges medelvärden av CTDI_{vol} och DLP som funktion av lateral måttet (body width).

Tabell 33. Tabell hämtad från Godske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, Mandel KE, Towbin AJ, Larson DB, Callahan MJ, Drage K, Podber-esky DJ, Frush DP, Westra SJ and Prince JS. Diagnostic reference ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology, vol 268, no 1, July, 208-218, (2013) (Table 4).

| BW Group | No. of Scans | Mean | Standard Error | Lower DRR, 25th Percentile | Median, 50th Percentile | Upper DRR, 75th Percentile | CTDI _{vol} /Adult CTDI _{vol} Ratio |
|----------|--------------|------|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| <15 cm | 21 | 3.6 | 0.4 | 2.4 | 3.4 | 5.0 | 0.30 |
| 15-19 cm | 153 | 4.7 | 0.2 | 3.4 | 4.1 | 5.6 | 0.39 |
| 20-24 cm | 286 | 6.0 | 0.4 | 4.0 | 5.4 | 7.1 | 0.49 |
| 25-29 cm | 326 | 8.2 | 0.2 | 5.8 | 8.0 | 9.8 | 0.67 |
| ≥30 cm | 168 | 12.2 | 0.4 | 9.4 | 10.8 | 14.0 | 1.00 |

Tabell 34. Tabell hämtad från Godske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, Mandel KE, Towbin AJ, Larson DB, Callahan MJ, Drage K, Podber-esky DJ, Frush DP, Westra SJ and Prince JS. Diagnostic reference ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology, vol 268, no 1, July, 208-218, (2013) (Table 5).

| BW Group | No. of Scans | Mean | Standard Error | Lower DRR, 25th Percentile | Median, 50th Percentile | Upper DRR, 75th Percentile |
|----------|--------------|-------|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <15 cm | 17 | 87.1 | 9.1 | 65.9 | 88.1 | 105.7 |
| 15-19 cm | 151 | 131.5 | 5.4 | 93.5 | 124.4 | 161.5 |
| 20-24 cm | 286 | 195.5 | 4.7 | 135.0 | 185.5 | 244.9 |
| 25-29 cm | 326 | 344.7 | 7.3 | 250.0 | 328.1 | 418.0 |
| ≥30 cm | 164 | 536.6 | 15.6 | 387.1 | 517.6 | 650.8 |

Note.—DLP was measured in milligray-centimeters. Ten scans could not be included because equipment could not provide DLP.

Man har alltså mätt BW=body width i en axial bild i höjd med mjältvenen. SSDE (se kapitel 8.4 för definition och kapitel 6.5.1 för exempel) beräknas med detta mått som bas, se Tabell 35.

³⁴ Godske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, Mandel KE, Towbin AJ, Larson DB, Callahan MJ, Drage K, Podber-esky DJ, Frush DP, Westra SJ and Prince JS. Diagnostic reference ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology, vol 268, no 1, July, 208-218, (2013).

Tabell 35. Tabell hämtad från Godske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, Mandel KE, Towbin AJ, Larson DB, Callahan MJ, Drage K, Podber-esity DJ, Frush DP, Westra SJ and Prince JS. Diagnostic reference ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology, vol 268, no 1, July, 208-218, (2013) (Table 3).

| BW Group | No. of Scans | Mean | Standard Error | Lower DRR, 25th Percentile | Median, 50th Percentile | Upper DRR, 75th Percentile | SSDE/SSDE _{34cm} Ratio |
|----------|--------------|------|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| <15 cm | 21 | 8.6 | 0.9 | 5.8 | 8.0 | 12.0 | 0.52 |
| 15-19 cm | 153 | 10.0 | 0.5 | 7.3 | 8.7 | 12.2 | 0.61 |
| 20-24 cm | 286 | 11.4 | 0.7 | 7.6 | 9.8 | 13.4 | 0.69 |
| 25-29 cm | 326 | 13.5 | 0.3 | 9.8 | 13.0 | 16.4 | 0.82 |
| ≥30 cm | 168 | 16.5 | 0.4 | 13.1 | 15.6 | 19.0 | 1.00 |

Författarna definierar även SSDE-värdet beräknats för en vuxen som antas ha lateral BW=34 cm, och kallar det SSDE_{adult}. Man bestämmer kvoten SSDE/SSDE_{adult} för att ange stråldos till barnet i förhållande till stråldosen för en vuxen. Författarna rekommenderar andra sjukhus att använda den i denna studie framtagna relationen för att bestämma vilket SSDE som är lämpligt att använda om man känner sin kliniks SSDE för vuxna för den specifika undersökningen, se Figur 66 nedan.

Figure 4

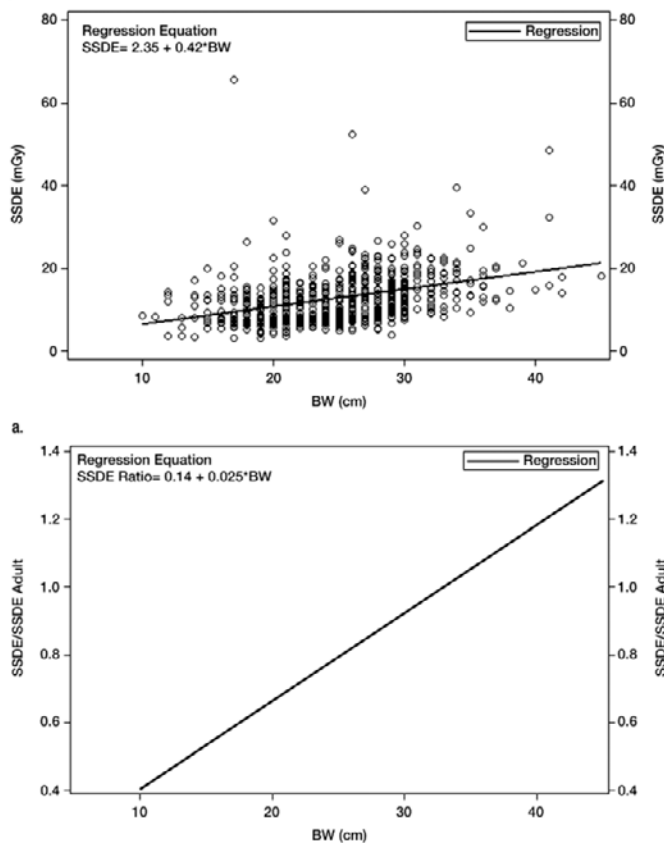


Figure 4: (a) Scatterplot of SSDE (in milligrays) as a function of BW shows the coefficients of the linear fit to the data. (b) Plot shows normalization of the fitted curve of image a to the SSDE of 34-cm BW, an average size adult (12). The *P* value for the slope of the regression of both fits was less than .0001. The normalized curve allows a facility to establish pediatric reference radiation doses if the SSDE of their standard adult patient for abdominal or abdominal and pelvic CT studies with contrast is known. For example, if a site wishes to use the consortium's data as a guide for a conversion factor for their site-specific protocols for a patient of a BW of 18 cm (along the horizontal axis), and the site uses 20 mGy for an adult abdomen, the site would select $0.6 \cdot 20 = 12$ mGy that could be used by the site as a target SSDE for a patient with a BW of 18 cm. * = multiplied by.

Figur 66. Figur hämtad från Godske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, Mandel KE, Towbin AJ, Larson DB, Callahan MJ, Drage K, Podber-esky DJ, Frush DP, Westra SJ and Prince JS. Diagnostic reference ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology, vol 268, no 1, July, 208-218, (2013) (Figure 4).

Sex barnradiologer bedömde även bildkvaliteten på totalt 106 bildserier om vardera 3 bilder över mjältvenen, gallblåsa-lever övergången, lever-njure övergången eller över lever-mjälte övergången. Ett specifikt granskningsprotokoll fanns och bilderna granskades på monitor där all information var borttagen för granskarna.

Författarna simulerade stråldosreduktion genom att addera brus till rådatan och därefter rekonstruerades nya bilder. Simuleringen motsvarade att original bildens rörström reducerades till 70 %, 35 %, 17 %, 9 % och 4 % av den ursprungliga nvån. I Figur 67 visas exempel på hur bilder med dessa dosnivåer kan se ut. Originalbilden är inte med i figuren.

Det är tydligt att bilder ”tagna” vid olika stråldosnivå påverkas av att brusnivån ökar då dosen minskas. Men man måste relatera sin önskade bildkvalitet till syftet med undersökningen. Det är många gånger möjligt med lite mer brus i bilden än man

vågar sig på att pröva. Det är här optimeringen av våra undersökningsprotokoll kommer in, speciellt för barnen.

Att koppla uppmätt stråldos till önskad bildkvalitet är viktigt vid jämförelser mellan olika undersökningsprotokoll, kliniker, sjukhus och länder.

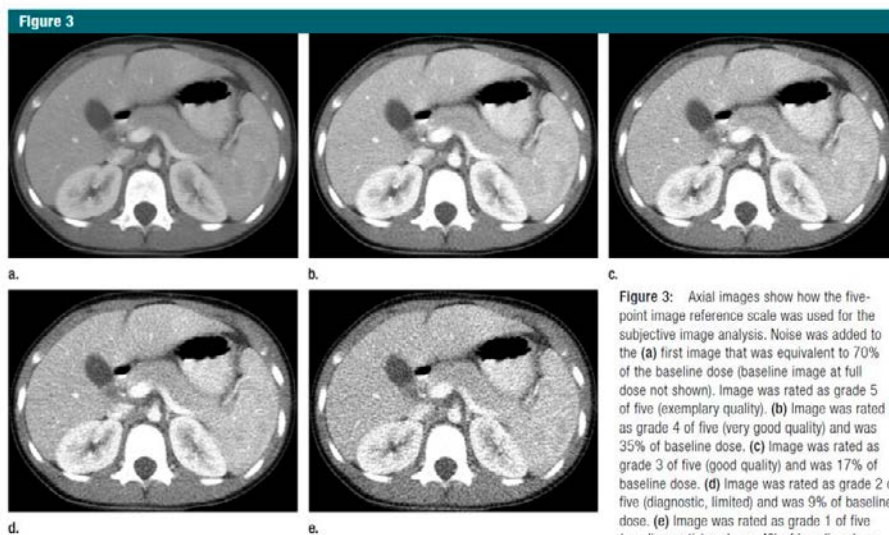


Figure 3: Axial images show how the five-point image reference scale was used for the subjective image analysis. Noise was added to the (a) first image that was equivalent to 70% of the baseline dose (baseline image at full dose not shown). Image was rated as grade 5 of five (exemplary quality). (b) Image was rated as grade 4 of five (very good quality) and was 35% of baseline dose. (c) Image was rated as grade 3 of five (good quality) and was 17% of baseline dose. (d) Image was rated as grade 2 of five (diagnostic, limited) and was 9% of baseline dose. (e) Image was rated as grade 1 of five (nondiagnostic) and was 4% of baseline dose. Reference scale was based on modifications to a clinical image of a 5-year-old CT scan of the abdomen.

image quality by using expanded RadLex terminology (14). Five references were ranked them as such. The subjective

Figur 67. Figur hämtad från Godske MJ, Strauss KJ, Coombs LP, Mandel KE, Towbin AJ, Larson DB, Callahan MJ, Drage K, Podberesky DJ, Frush DP, Westra SJ and Prince JS. Diagnostic reference ranges for Pediatric Abdominal CT. Radiology, vol 268, no 1, July, 208-218, (2013) (Figure 3).



2017:06

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stödjer forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 300 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-mail: registrator@ssm.se
Web: stralsakerhetsmyndigheten.se