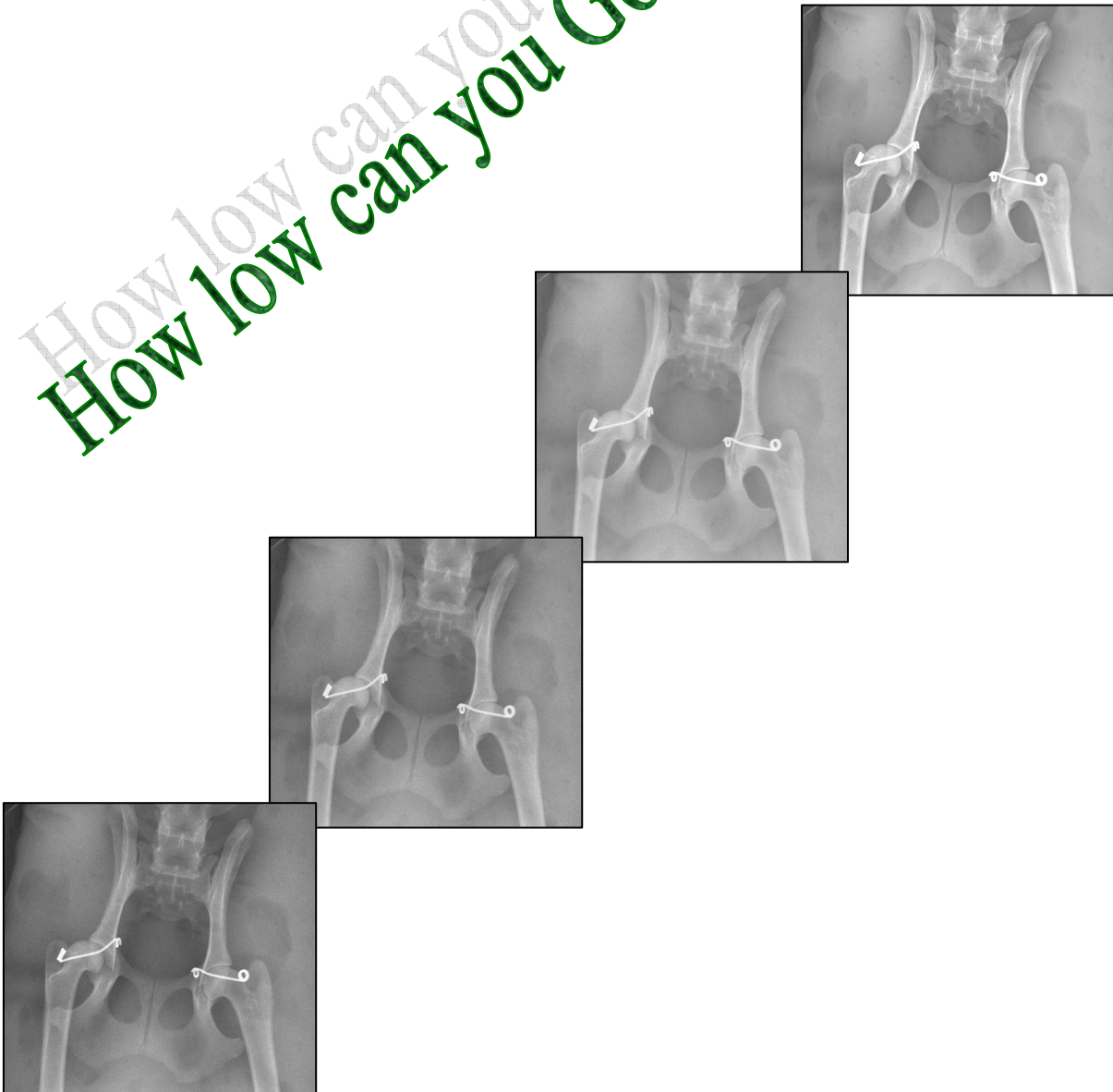


20 mei 2007

Afstudeeropdracht MBRT 2006-2007

How low can you Go?



Marinke Scholten
Martijn vd Meijs
Ruud Becks

Rivierenland zkh
Tweesteden zkh
St. Elisabeth zkh

How low can you go?

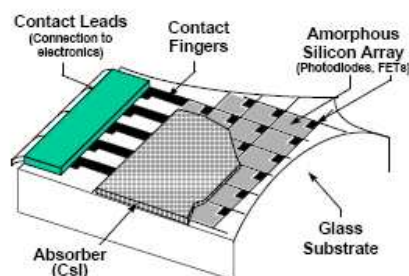
Door de komst van de digitale röntgentechniek waarbij gebruik wordt gemaakt van een flatpanel-detector zou de patiëntendosis verder omlaag kunnen gaan ten opzichte van de conventionele radiologie. In de praktijk is dit echter nog niet het geval. Om de detector optimaal te benutten hebben we op een aantal indicaties een lowdose opname weten te creëren waarbij de dosis voor de patiënt gemiddeld met een factor 7 is gedaald.

De afgelopen jaren zijn digitale buckysystemen waarbij gebruik wordt gemaakt van een flatpanel-detector steeds meer in gebruik genomen door verschillende ziekenhuizen. De ervaringen uit het Tweesteden Ziekenhuis in Tilburg en het Sint Elisabeth Ziekenhuis in Tilburg leren ons dat er vooral aandacht is besteed aan het gebruik van deze buckykamers en niet aan de verschillende belichtingswaarden. Behalve de gebruiksvriendelijkheid van het digitale systeem is de mogelijkheid tot dosisverlaging een belangrijk positief punt van een flatpanel-detector. Het doel van ons onderzoek is dan ook om voor een aantal indicaties de dosis aanzienlijk te verlagen en de mogelijkheden van het digitale systeem optimaal te benutten. Wij zijn gekomen tot de volgende probleemstelling: Kan er een bruikbare lowdose opname gecreëerd worden bij röntgenaanvragen met als vraagstelling standafwijking waarbij gebruik wordt gemaakt van een digitale buckykamer met een flatpanel-detector?

Opnames waarbij het mogelijk is te volstaan met een kwalitatief slechte foto en een zeer lage dosis zijn opnames van:

- Totale Wervelkolom met indicatie scoliose
- Totale been opname met indicatie standafwijkingen en/of beenlengteverschil
- Babybekken met indicatie congenitale heupdysplasie

Detector



Een (indirecte) flat-panel detector bestaat uit een matrix van fotodiodes waarop het scintillatormateriaal Caesium Jodide is aangebracht. In de scintillatorlaag wordt de röntgenstraling tijdens een opname omgezet in licht. Dit licht wordt in de fotodiodes opgevangen en omgezet in een elektrisch signaal waarvan de grootte evenredig is met de dosis ter plaatse. Dit elektrisch signaal wordt ten slotte uitgelezen en omgezet in een digitaal signaal.

Figuur 1: Flat-panel detector

Bij flat-paneldetectoren is het bepalen van de 'Detective quantum efficiency'(DQE) de belangrijkste methode om de beeldkwaliteit te bepalen. Dit omvat de invloed van het contrast, resolutie en de signaal-ruisverhouding. De DQE is gebaseerd op de signaal/ruisverhouding (S/R) in de aan de ingangszijde van de detector aangeboden beeldinformatie en de S/R in de uiteindelijke afbeelding. Een perfect systeem zou de S/R exact overnemen zodat de DQE op 100% uitkomt. In de praktijk is dit echter niet reëel omdat er bij overdracht van informatie binnen het digitale systeem altijd ruis ontstaat en signaalverlies optreedt. Dit doordat niet alle invallende kwanten in de detector gedetecteerd worden. Een flat-paneldetector heeft daarom een DQE van ongeveer 70%. Ten opzichte van andere soorten detectoren en de conventionele radiologie heeft de flat-paneldetector een hogere DQE en dus een hoger rendement. Om een zelfde kwaliteit opname te maken kan er dus volstaan worden met een lagere dosis.

Fantomen



Figuur 2: rando fantoom

Omdat het niet mogelijk is om proeven uit te voeren op patiënten hebben we getracht realistische fantomen te bemachtigen. Om een gehele wervelkolom te simuleren hebben we een 'rando fantoom' bemachtigd. Dit fantoom staat gelijk aan een mens van 75 kilogram. Er zit een menselijk skelet in verwerkt en de weke delen zijn vervangen door een kunststof met het equivalent van de weke delen van een mens.

Een patiënt voor de lange been opname hebben we gesimuleerd door gebruik te maken van een pop met een menselijk skelet erin verwerkt. In deze pop zijn geen weke delen verwerkt dus dit hebben we vervangen door zakken met water en echogel welke het equivalent hebben van menselijke weke delen.

Om een babybekken te simuleren hebben we vanuit een dierenkliniek in Utrecht een klein hondenbekkentje gekregen. Dit skeletje is zonder weke delen dus dit hebben we vervangen door echogel.

Parameters van apparatuur en software

De kwaliteit van een röntgenopname is afhankelijk van de ingestelde parameters. Deze parameters zijn in de pré-processing de buisspanning, buislading, detectorwaarde, stroostralenrooster en filtratie. In de post-processing edge-enhancement, contrast brightness, over- en underpenetrated area's. Om te bepalen wat de invloeden van de verschillende parameters zijn op de beeldkwaliteit en patiëntendosis hebben we deze onderzocht door middel van proeven.

Uit de proeven zijn een aantal parameters gekomen die dosisverlaging kunnen opleveren en dus bruikbaar zijn voor het creëren van een lowdose opname. Deze zijn: Buisspanning, buislading, detectorwaarde, filtratie en in de post-processing edge-enhancement.

Criteria lowdose opname

Om op de vraagstelling antwoord te kunnen geven dienen bepaalde structuren van het lichaam zichtbaar te zijn. In het geval van een lowdose opname waarbij het gaat om standafwijkingen gaat het er vooral omdat de gewrichten te beoordelen blijven.

De opname de totale wervelkolom wordt beoordeeld door middel van de Cobb methode. Voor deze methode moeten de dekplaten en sluitplaten van de wervels goed te onderscheiden zijn. Want deze methode houdt in dat bij de bovenste wervel die terug buigt van de scoliose gemarkeerd moet worden en de onderste wervel welke naar de scoliose toe buigt.

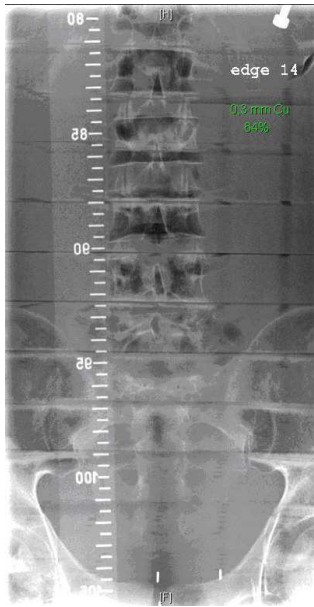
De totale been opname wordt vervaardigd bij de vraagstelling standafwijking. Bij deze opname worden de gehele benen gefotografeerd met een liniaal erlangs. De belangrijkste structuren van meten zijn de drie gewrichten namelijk: heupgewricht, kniegewricht en het enkelgewricht. Beide benen worden vergeleken met elkaar en er wordt gekeken of er hoogte verschillen zijn tussen beide benen.

De meest gemaakte röntgenfoto met betrekking tot heupjes, is een bekken A.P. (anteriorposterior)opname. De benen worden hierbij gestrekt en iets geëndoroteerd. Dit is een overzichtsfoto van het bekken.

Bij het beoordelen van de röntgenfoto worden de volgende criteria beoordeeld:

- Acetabulum hoek
- Modelleren van het acetabulum
- Ossificatie laterale acetabulum rand
- Ossificatie femurkop epifysen

Proeven met betrekking tot opname van de totale wervelkolom



Om een lowdose opname bij een opname van de totale wervelkolom te creëren hebben we eerst beredeneerd of we gebruik zouden maken van de belichtingsautomaat of een handbelichting. Omdat het postuur van patiënten nogal varieert is besloten gebruik te maken van een belichtingsautomaat zodat de 'kwaliteit' van de opname ongeveer voor elke patiënt gelijk blijft. Ook is er beredeneerd dat het strooistralen rooster moet blijven zitten omdat de romp van een mens voor zeer veel strooistraling zorgt en de dekplaten dan minder makkelijk te beoordelen zijn en de dosis dus omhoog moet.

Op een digitaal buckysysteem wordt een opname van de totale wervelkolom in 2 of 3 stappen gemaakt en later aan elkaar gekoppeld. Elk van deze opnames wordt met behulp van een belichtingsautomaat gemaakt. Om een lowdose opname te creëren hebben we tientallen opnames gemaakt met elk een andere belichting en eventueel een filter. Van al deze (ruwe)opnames hebben we het dosisoppervlakte product bepaald en de beeldinformatie bekeken. Uit al deze ruwe foto's hebben we een selectie gemaakt en een post-processing op toegepast.

Figuur 3: lowdose opname van de lwk

Uit eerdere proeven is gebleken dat een hoge edge-enhancement de contouren en overgangen van het botweefsel versterkt maar dat er ook meer ruis ontstaat. Omdat het voor de vraagstelling scoliose belangrijk is om de dekplaten (overgangen) te zien, is er besloten de verhoogde ruis op de koop toe te nemen en te kiezen voor de versterkte contouren. Op deze manier kan de hoogste dosisverlaging bereikt worden. Van de gemaakte foto's hebben we een selectie gemaakt en deze aan een radioloog ter beoordeling gegeven. Deze heeft beoordeeld op welke lowdose opnames de vraagstelling scoliose nog net te beantwoorden is met de laagste dosis.

Proeven met betrekking tot de totale been opname

Voor de totale been opname wordt dezelfde techniek gebruikt als bij de totale wervelkolom opname. Bij de totale been opname gaat het vooral om dat de gewrichten goed zijn afgebeeld, want deze zijn essentieel bij het beoordelen van de vraagstelling standafwijkingen en beenlengteverschil. Een verschil is echter dat we de totale been opname maken met een handbelichting omdat het moeilijk is alle gewrichten precies ter hoogte van de belichtingsautomaat te plaatsen. Omdat het gaat om dunne objecten maken we geen gebruik van een strooistralenrooster.



De proeven zijn gedaan met een skelet waarbij de weke delen zijn gesimuleerd met water en echogel welke een weefselequivalent hebben. Om een lowdose opname te creëren hebben we de totale been opname in 3 gedeeltes verdeeld met in elk gedeelte een ander gewricht zodat we voor ieder gedeelte de juiste belichtingswaarde kunnen creëren. De eerste opnames die we gemaakt hebben zijn van de standaard belichtingswaarde zoals deze in het TweeSteden Ziekenhuis gegeven wordt. Om tot een lowdose opname te komen zijn we steeds lager in de kV en mAs gaan zitten en hebben we koper- en aluminiumfiltratie toegevoegd. Uit de tientallen gemaakte foto's hebben we wederom een aantal foto's uitgekozen op welke nog net de gewrichten zichtbaar zijn. Op deze foto's is een hoge edge-enhancement toegepast om de contouren van de gewrichten te versterken. Deze selectie is ter beoordeling naar de radioloog gegaan.

Figuur 4: lowdose opname van het heupgewricht

Proeven met de betrekking tot de opname van een babybekken.



Figuur 5: proefopstelling babybekken

Om te bepalen hoeveel de effectieve dosis van een opname van het babybekken met de vraagstelling 'congenitale heupdysplasie' gereduceerd kan worden hebben we gebruik gemaakt van een fantoom. Dit fantoom is het bekken van een klein hondje wat ongeveer overeenkomt met het bekken van een baby van ongeveer 6 maanden oud. Op en onder het fantoom hebben we gebruik gemaakt van een zak 'echogel' om babyvet na te bootsen. Het equivalent van weke delen komt overeen met het equivalent van water (echogel). Een opname van het babybekken wordt uitgevoerd met een handbelichting en zonder strooistralenrooster.

Tijdens de proeven zijn de kV en mAs steeds lager ingesteld tot de kwaliteit van de opname dermate was dat de metingen om congenitale heupdysplasie nog net uit te voeren zijn. Er zijn geen foto's gemaakt met koperfiltratie omdat bij het maken van deze foto een extern aluminiumfilter geplaatst dient te worden aan het diafragma. Omdat bij het maken van een bekkenfoto het kind nooit stil ligt is het belangrijk om tot het voorbereiden van de röntgenbuis de veldgrenzen zichtbaar te houden. Wanneer dit niet het geval zou zijn is de kans groot dat het patiëntje beweegt en de opname overgemaakt dient te worden. Ook bij de opname van het babybekken is gekozen een hoge edge-enhancement toe te passen vanwege het versterken van de contouren van het bot.

Conclusie

Voor het gedeelte van de CWK in de opname van de totale wervelkolom kan worden volstaan met een belichtingswaarde van 90kV, 0,2mm koperfiltratie, 1mm Aluminiumfiltratie en de detectorwaarde op 100%. De normale waarde is 75 kV, geen filtratie en een detectorwaarde van 100%. De opname van de TWK kan worden volstaan met 100kV, 0,3mm koperfiltratie 1mm Aluminiumfiltratie en een detectorwaarde van 64%. Oorspronkelijk waren de parameters 80 kV, geen filtratie en een detectorwaarde van 100%. Voor het gedeelte van de LWK kan worden volstaan met de volgende parameters: 100 kV, 0,3mm koperfiltratie, 1mm aluminium filtratie en een detectorwaarde van 64%. Oorspronkelijk waren de parameters: 80 kV, geen filtratie en een detectorwaarde van 100%. Het dosisoppervlakte product is bij de lowdose opname met een factor 4,3 verlaagd ten opzichte van de normale dosis.

Voor het onderste gedeelte (enkels/onderbeen) van de 3 verschillende opnames voor de totale been opname kan er nu volstaan worden met een belichtingswaarde van 60kV en 0,4mAs. Bij deze waarde is het enkelgewricht nog voldoende zichtbaar om metingen te kunnen doen. De oorspronkelijke belichtingswaarde is 65 kV en 5 mAs. Bij het middelste gedeelte van de totale benen (knieën) is het mogelijk om een belichtwaarde in te stellen van 60kV en 0,4 mAs. De oorspronkelijke belichtingswaarde is 70 kV en 4 mAs. Met de nieuwe waarde is het kniegewricht nog voldoende zichtbaar om standmetingen op uit te kunnen voeren. Het bovenste gedeelte bestaat uit een bekkenopname. Deze opname wordt met handbelichting gemaakt. De belichtingswaarde voor een lowdose-opname is 80kV en 1,6 mAs. De beginsituatie was 80 kV en 12,5 mAs. Op de lowdose-opname is het heupgewricht nog voldoende te beoordelen. Het dosisoppervlakte product is bij de lowdose opname met een factor 9,5 verlaagd ten opzichte van de normale dosis.

Een babytje (tot ongeveer 1 jaar) kan een lowdose-opname krijgen wanneer het om congenitale heupdysplasie gaat. Het hoeft hierbij niet te gaan om een controle, het kan ook worden gebruikt om de vraagstelling dysplasie te beantwoorden. Bij een lowdose-opname kan de dosis voor de patiënt gereduceerd worden met een factor 10 ten opzichte van een normale opname. De belichtingswaarde zoals deze voor een opname van het bekken gegeven wordt is 60 kV en 3,2 mAs. De lowdose-opname kent een waarde van 60 kV en 0,32 mAs. Dit is getest door deze waarde op een klein 'patiëntje' en een wat groter 'patiëntje' toe te passen.

Literatuurlijst

- 'Techniek in de Radiologie'
T. Dam, R. Lip, F. Weissman
Elsevier/ De Tijdstroom
ISBN: 90 352 1678 4
- 'Revolutiontm XR/d – XQ/i Learning and Reference Guide'
General Electrics Company
CD-rom
- Bone Densitometry in Clinical Practice
Sydney Lou Bonnick, MD, FACP
Humana Press
E-ISBN 1-59259-659-2
Second edition
- Atlas of Radiologic Measurement
Theodore E. Keats / Christopher Siström
Mosby
ISBN: 0-323-00161-0
Seventh edition
- Musculoskeletal Imaging
B.J. Manaster / David A. May / David G. Disler
Mosby
ISBN: 0-323-04361-5
Third edition

Samenvatting Nederlands

Door de komst van de digitale röntgentechniek waarbij gebruik wordt gemaakt van een flatpanel-detector is de gebruiksvriendelijkheid ten opzichte van conventionele radiologie enorm toegenomen. Ook de effectieve dosis zou omlaag kunnen maar in de praktijk is dit nog niet het geval. Door gebruik te maken van de eigenschappen van de flatpanel-detector zouden we een lowdose opname kunnen creëren voor een aantal indicaties en opnames.

Om een lowdose-opname te creëren hebben we gebruik gemaakt van fantomen. Dit zijn een Alpha test fantoom, Rando fantoom, een pop met menselijk skelet en een hondenbekkentje.

De conclusie van het onderzoek is dat de dosis op bepaalde indicaties aanzienlijk omlaag kan. Dit gaat ten koste van de beeldkwaliteit maar afhankelijk van de vraagstelling hoeft dit niet altijd een probleem te zijn.