

Conebeamcomputertomografie: is meer ook beter?

Conebeamcomputertomografie is een opnametechniek die nu ongeveer 20 jaar beschikbaar is binnen de tandheelkunde. De mogelijkheid om structuren driedimensionaal af te beelden is voor veel afwijkingen in het maxillofaciale gebied van belang. Daar staat tegenover dat de stralingsdosis van een conebeamcomputertomografie-onderzoek hoger is dan die van meer conventionele opnametechnieken. Bij de indicatiestelling dient hiermee rekening te worden gehouden. Omdat met conebeamcomputertomografie een groter gebied wordt afgebeeld op de opname dan bij de traditionele opnamen, bestaat de mogelijkheid dat er afwijkingen worden getoond die buiten het directe ervaringsterrein van tandartsen liggen. Om deze redenen is aanvullende kennis vereist voor gebruikers van een conebeamcomputertomografietoestel.

Stelt PF van der. Conebeamcomputertomografie: is meer ook beter?

Ned Tijdschr Tandheelkd 2016; 123: 189-198

doi: 10.5177/ntvt.2016.04.15221

Inleiding

Sinds de ontdekking van de röntgenstraling zijn gedurende tientallen jaren de röntgenopnamen vervaardigd door middel van de tweedimensionale projectietechniek. Het resulterende röntgenbeeld is dan als het ware een schaduwbeeld en mist daarom informatie over de derde dimensie. Met de introductie van het principe van 'computed tomography' door Godfrey Hounsfield in het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw werd het ook mogelijk om driedimensionale informatie met behulp van röntgenstralen te verkrijgen (Hounsfield, 1973). Conebeamcomputertomografie (CBCT) is afgeleid van de traditionele computertomografie (CT)-techniek. CBCT werd voor het eerst toegepast in de radiotherapie om het bestralingsveld beter te kunnen in-

Leerdoelen

Na het lezen van dit artikel heeft u:

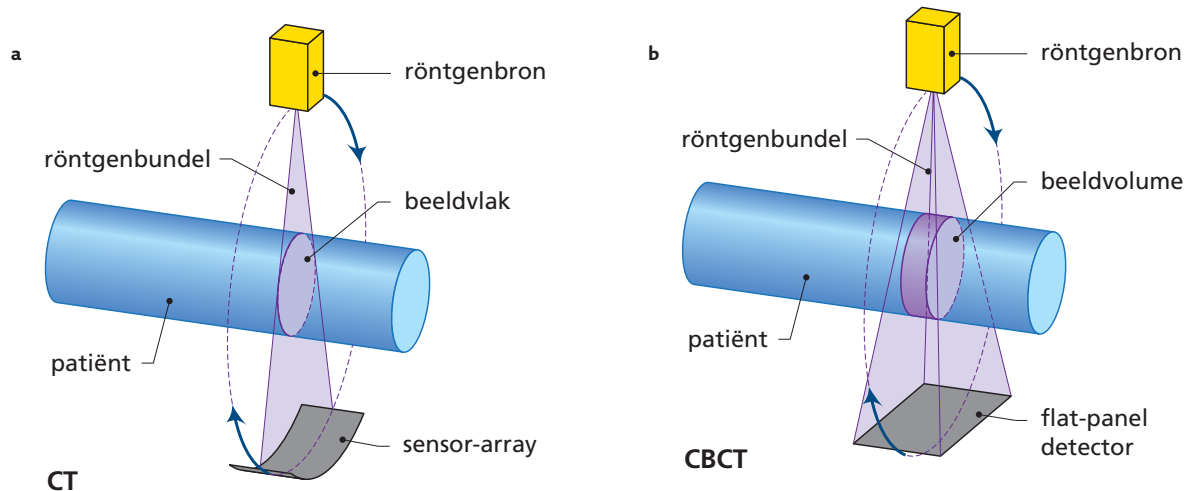
- kennis van de werking van computertomografie in het algemeen en CBCT in het bijzonder;
- inzicht in de voor- en nadelen van CBCT in relatie tot CT-opnamen;
- inzicht in het indicatiegebied van CBCT en in de stralingsdoses in vergelijking met conventionele röntgenopnamen.

stellen. In 1996 werd door het Italiaanse bedrijf QR s.r.l. de NewTom 9000 geïntroduceerd als eerste CBCT-toestel specifiek voor tandheelkundige toepassingen (Scarfe en Farman, 2008).

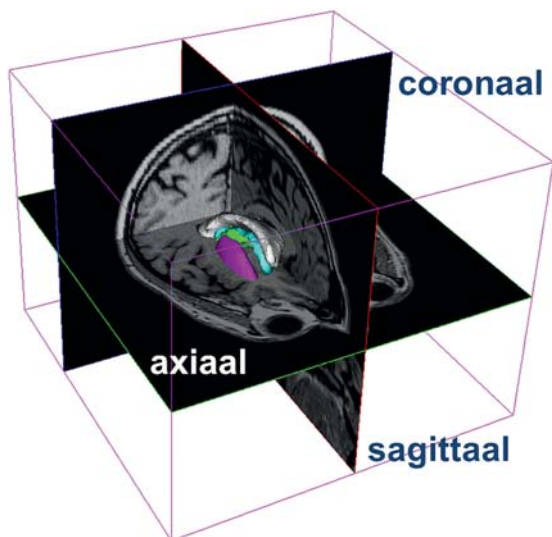
Het gebruik van CBCT-toestellen is de afgelopen jaren zeer sterk toegenomen. Het is de vraag of de daarmee gepaard gaande hogere stralingsdosis vergeleken met conventionele tandheelkundige opnamen altijd te rechtvaardigen is. Het is ook van belang na te gaan hoe de diagnostische waarde van deze voor de tandheelkunde vrij nieuwe opnametechniek het best tot zijn recht kan komen.

Opnametechniek

Bij conventionele (medische) CT passeert een waaivormige bundel röntgenstralen de patiënt. Aan de zijde waar de bundel uittreedt, bevinden zich een reeks sensoren die de intensiteit van de straling meten. Door de röntgenbron en de reeks sensoren rondom de patiënt te laten bewegen, wordt er vanuit alle richtingen informatie verzameld over de hoeveelheid straling die in de patiënt wordt geabsorbeerd of juist wordt doorgelaten (afb. 1a). Deze metingen op zichzelf vormen dus nog geen beeld, maar door de in-



Afb. 1. Het principe van beeldvorming voor computertomografie (a) en conebeamcomputertomografie (b). Computertomografie is gebaseerd op een smalle bundel waarmee 1 doorsnede door de patiënt wordt gereconstrueerd; meerdere doorsneden vormen een volume. Conebeamcomputertomografie met een bredere bundel beeldt een volume af, waaruit doorsneden kunnen worden gereconstrueerd. (Illustraties door Frans Hessels)



Afb. 2. De CBCT-doorsneden worden aangeduid volgens 3 richtingen: axiaal (horizontaal), sagittaal (door de middellijn of parallel daaraan) en coronaal (evenwijdig aan het frontale vlak).

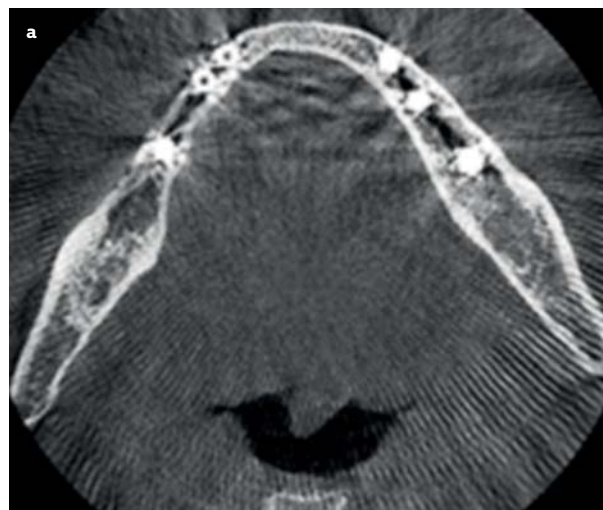
formatie uit de metingen samen te voegen kan met speciale software een reconstructie worden gemaakt van het gedeelte van de patiënt waar de straling doorheen is gegaan, de doorsnede. Dezelfde procedure wordt telkens herhaald waarbij de patiënt een paar millimeter wordt opgeschoven in het toestel, zodat een serie doorsneden wordt verkregen. Uit deze serie kan dan het driedimensionele beeld worden samengesteld. De tegenwoordige CT-machines maken 16, 32 of 64 doorsneden tegelijk (multislice CT of MSCT). Hierdoor wordt de benodigde straling effectiever gebruikt. De scantijd wordt korter gemaakt door de röntgenbron een continue spiraalbeweging rondom de patiënt te laten maken (spiral CT), in plaats van afzonderlijke rotaties.

Het principe van beeldvorming bij CBCT is vergelijkbaar met CT. Het grote verschil is echter dat de beeldinformatie niet wordt vastgelegd met een smalle bundel en een reeks sensoren, maar met een brede bundel en een grotere detector, een zogenoemde 'flat-panel detector' (afb. 1b). Op deze wijze worden rondom de patiënt een serie transcraniële opnamen gemaakt, de basisprojecties. Uit deze opnamen kan vervolgens met behulp van computeralgoritmen de informatie worden afgeleid die nodig is om de driedimensionele beelden te reconstrueren.

Een CBCT-opname bevat informatie over een driedimensioneel gebied, ofwel een volume, vergelijkbaar met een CT-opname (afb. 2). In een tweedimensioneel beeld wordt de kleinste eenheid een pixel genoemd. De kleinste eenheid in een driedimensioneel databestand heet een voxel. De afmetingen van een voxel bepalen de maximaal haalbare resolutie van een driedimensionale reconstructie.

Vergeleken met een CT-opname heeft een CBCT-opname voordelen, maar ook enige nadelen.

Een van de voordelen is dat een CBCT-opname een lagere patiëntendosis vereist dan conventionele CT. Ook heeft een CBCT-beeld een hogere resolutie dan een CT-opname. Daar staat tegenover dat de signaal-ruisverhou-



Afb 3. a. Metalen structuren, zoals implantaten bij deze patiënt, kunnen artefacten veroorzaken in de CBCT-reconstructies als gevolg van 'beam hardening'. **b.** Als de patiënt bewogen heeft tijdens de röntgenopname is dit zichtbaar als dubbele contouren in de reconstructie.

ding en de contrastweergave van een CBCT-opname minder is vergeleken met die van een CT-opname. Een CBCT-opname is daardoor minder geschikt voor de diagnostiek van afwijkingen in de weke delen. Maar voor het opsporen en herkennen van afwijkingen aan de harde weefsels is de beeldkwaliteit voldoende gebleken.

De beeldreconstructies kunnen ook artefacten vertonen die een direct gevolg zijn van de wijze waarop het beeld tot stand komt. Metalen structuren, zoals amalgamrestauraties en implantaten, geven zoveel absorptie van de röntgenbundel dat er vrijwel geen straling meer over is na het passeren van de patiënt. Dit verschijnsel heet 'beam hardening'. Het reconstructiealgoritme heeft dan moeite met het berekenen van de juiste beelddata. Dit resulteert in een donkere ring rondom het metalen object of stervormige artefacten (afb. 3a). Een ander artefact hangt samen met de tijd die het duurt om de opname te maken; bij de meeste toestellen ongeveer 20 seconden. Gedurende deze tijd mag de patiënt het hoofd niet bewegen. Als de patiënt bewogen heeft tijdens de opname is dit zichtbaar als een verdubbeling van contouren of een vervaging van structuren (afb. 3b) (Schulze et al, 2011).

Opnametechniek	Effectieve dosis (μSv)	Referenties
Intraorale opname	< 1,5 (rechthoekige veldgrootte)	Ludlow et al, 2008
Panoramische röntgenopname	2,7 - 24,3	Ludlow et al, 2008 Okano et al, 2009 Garcia Silva et al, 2008a Garcia Silva et al, 2008b Palomo et al, 2008
Cephalometrische röntgenopname	< 6	Ludlow et al, 2008
CBCT, FOV < 10 cm	11-674 (mediaan 61)	Ludlow et al, 2003 Ludlow en Ivanovic, 2008 Lofthag-Hansen et al, 2008 Hirsch et al, 2008 Okano et al, 2009 Loubele et al, 2009 Roberts et al, 2009 Suomalainen et al, 2009 Qu et al, 2010 Pauwels et al, 2012
CBCT, FOV >10 cm	30-1073 (median 87)	Ludlow et al, 2003 Tsiklakis et al, 2005 Ludlow et al, 2006 Ludlow en Ivanovic, 2008 Garcia Silva et al, 2008a Okano et al, 2009 Faccioli et al, 2009 Loubele et al, 2009 Roberts et al, 2009 Pauwels et al, 2012
Multislice CT (MSCT)	280-1410	Okano et al, 2009 Garcia Silva et al, 2008a Loubele et al, 2009 Faccioli et al, 2009 Suomalainen et al, 2009

Tabel 1. Effectieve dosis van in de tandheelkunde toegepaste opnametechnieken en medische CT (MSCT is multislice CT) (European Commission, 2012).

Bij conventionele CT-opnamen zijn de grijswaarden gekalibreerd in zogenoemde 'Hounsfield units'. Daardoor kan de botdichtheid worden bepaald in het gereconstrueerde beeld. Bij CBCT is dit niet mogelijk. Structuren van dezelfde dichtheid kunnen resulteren in verschillende grijswaarden naarmate ze dicht bij het centrum van het object liggen dan wel meer naar de periferie. Er is bij CBCT dus niet een directe relatie tussen de botdichtheid en de resulterende grijswaarde.

Dosisaspecten

De effectieve dosis voor een patiënt bij het maken van een CBCT-opname is ongeveer een factor 10 lager dan die voor een medische CT-opname, maar hoger dan die van andere conventionele tandheelkundige röntgenopnamen (intraoraal en panoramisch) (Pauwels et al, 2012). Tabel 1 geeft een overzicht van de effectieve dosis voor verschillende diagnostische opnametechnieken die worden toegepast in de tandheelkunde (European Commission, 2012). Hieruit blijkt dat de effectieve dosis van een CBCT-opname gemiddeld gelijk is aan 40 tot 58 intraorale opnamen. Voor sommige CBCT-

toestellen en opnameprotocollen kan dit zelfs oplopen tot het equivalent van 500 of meer intraorale opnamen. Ten opzichte van een panoramische opname is de effectieve dosis van een CBCT-opname 2,5 tot 32 maal zo hoog. Deze getallen geven aan dat bij een gelijke diagnostische opbrengst van een van de conventionele tandheelkundige opnamen en CBCT deze laatste niet de voorkeur verdient.

De hoeveelheid secundaire straling die rondom het CBCT-toestel wordt verspreid gedurende een opname is sterk afhankelijk van de bouw van het apparaat. De hoeveelheid secundaire straling kan daardoor heel verschillend zijn voor verschillende toestellen. De fabrikant van het toestel kan een overzicht geven van de secundaire straling tijdens een opname. Deze informatie kan worden gebruikt om de vereiste afscherming te bepalen. Men moet ervan uitgaan dat voor een CBCT-toestel meer afscherming is vereist dan voor een intraoraal of een panoramisch toestel.

De serie basisprojecties waaruit de CBCT-reconstructie wordt vervaardigd, wordt in principe over een traject van 360 graden vervaardigd. Bij de meeste toestellen wordt er

Intermezzo 1. Dosisreductie

De informatie van een driedimensionale CBCT-reconstructie wordt verkregen door een groot aantal opnamen rondom het hoofd van de patiënt te maken. Elk van deze opnamen is een projectieopname van de schedel vanuit een bepaalde richting. In totaal bestrijken deze opnamen een cirkel van 360 graden rondom het hoofd van de patiënt. Een projectieopname is een tweedimensionale opname die geen diepte bevat, in feite vergelijkbaar met een laterale schedelopname, maar dan uit de verschillende richtingen die voor een CBCT zijn vereist. De opname vanuit een tegenovergestelde richting resulteert dus in eenzelfde (maar gespiegeld) beeld. Om de dosis voor de patiënt te beperken kan daarom worden volstaan met opnamen over een traject van 180 graden, waarna voor de andere 180 graden een gespiegelde kopie van de opnamen van de eerste serie wordt gebruikt. Op deze wijze kan toch een reconstructie worden gemaakt gebaseerd op opnamen over de volledige cirkel van 360 graden. Theoretisch neemt hierdoor de ruis in de reconstructie iets toe, omdat elke basisopname tweemaal wordt gebruikt, maar in de praktijk is dit geen zichtbaar probleem.

niet continue straling uitgezonden, maar alleen als het toestel verder gerooteerd is voor een volgende basisprojectie. Dit heet een gepulste opname. De stralingsdosis voor de patiënt neemt hierdoor aanzienlijk af.

Het is ook mogelijk slechts opnamen over 180 graden te maken. Door daarna de opnamen van de eerste 180 graden te spiegelen wordt de informatie over de tweede 180 graden verkregen, zonder dat hier nieuwe opnamen voor gemaakt moeten worden (intermezzo 1). Dit resulteert in een verder dosisreductie zonder zichtbaar kwaliteitsverlies.

De meeste toestellen kennen instellingen voor een standaardopname met een lagere resolutie en een voor een opname met hoge resolutie. De lagere resolutie vergt doorgaans een lagere dosis. Soms echter wordt de lagere resolutie verkregen door naburige pixelwaarden samen te middelen, waardoor de dosisreductie dan per saldo nihil is.

Indicatiestelling

Voor CBCT-opnamen ter ondersteuning van de diagnostiek gelden dezelfde regels als voor elke andere diagnostische toepassing van straling. Er moet allereerst een rechtvaardiging zijn voor de te maken opnamen. Het medisch nut voor de patiënt moet groter zijn dan de mogelijke nadelige effecten als gevolg van de opnamen. Eerst moet daarom de anamnese worden afgenomen en een klinische inspectie worden uitgevoerd, waaruit zal moeten blijken of er meer informatie gewenst is en of CBCT dan de meest aangewezen methode is (European Commission, 2012). De afwijking tot het maken van een opname moet ook de vraag inhouden of de informatie die met de opname wordt verkregen van invloed zal zijn op de beslissing tot en uitvoering van de behandeling.

Er kan alleen tot een CBCT-opname worden besloten indien de gewenste informatie niet kan worden verkregen met conventionele (traditionele) opnamen, die immers met een lagere dosis gepaard gaan. Als er afwijkingen van de weken delen worden verwacht, dan is CBCT niet de meest aangewezen procedure, maar moet eerder worden gedacht aan medische CT of MRI ('magnetic resonance imaging').

Vergelijking met andere tandheelkundige opnametechnieken

Het meest opvallende kenmerk van CBCT-opnamen is dat er driedimensionale informatie wordt verkregen. Intraorale

en panoramische röntgenopnamen daarentegen geven tweedimensionale informatie, waardoor de grootte van een afwijking of de relatieve ligging van structuren niet altijd eenduidig kan worden geïnterpreteerd. Toch zijn er situaties waarin CBCT weliswaar veel informatie kan verstrekken over de ruimtelijke kenmerken van het afgebeelde gebied, maar waarin de diagnostiek ook zonder veel risico met behulp van de klinische inspectie en traditionele röntgenopnamen kan worden uitgevoerd. CBCT-opnamen zijn dan niet gerechtvaardigd.

Zeker wanneer de vermoedelijke afwijking beperkt blijft tot een klein gebied, is allereerst het vervaardigen van 1 of meer intraorale röntgenopnamen aan de orde. Als hieruit blijkt dat er meer informatie nodig is, vooral met betrekking tot de uitbreiding of ligging van afwijkende structuren, kan besloten worden een CBCT-opname te maken. Voordeel van intraorale röntgenopnamen is de relatief zeer geringe dosis. Bovendien is het een gemakkelijk uitvoerbare en goedkope opnametechniek met een hoge detailweergave.

Panoramische röntgenopnamen geven een groter gebied van de kaak weer, alhoewel de detailscherpte beperkt is. Als het vermoeden bestaat dat de afwijking een groter gebied beslaat, is een panoramische röntgenopname de eerst aangewezen procedure. Uit de daarmee verkregen informatie blijkt eventueel de noodzaak van een CBCT-opname.

In beide gevallen lijkt het alsof er meer opnamen worden gemaakt als in eerste instantie een intraorale of panoramische röntgenopname wordt geïndiceerd. De redenering kan echter ook worden omgekeerd: door deze benadering kunnen niet noodzakelijke CBCT-opnamen worden voorkomen als de gewenste informatie al met deze conventionele röntgenopnamen wordt verkregen.

Richtlijnen voor de indicatie van CBCT

Om de clinicus behulpzaam te zijn bij het indiceren van CBCT-opnamen zijn richtlijnen opgesteld door een Europese werkgroep van deskundigen op het gebied van CBCT-opnamen. Deze richtlijnen zijn aanvankelijk bekend geworden als de SedentexCT-richtlijnen (SEDENTEXCT, 2009), maar vervolgens ook opgenomen in een officiële EU-publicatie (European Commission, 2012). Richtlijnen zijn geen dwingend voorschrift. Indien nodig kunnen tandartsen hiervan in het belang van de patiënt afwijken, maar zij moeten daarvoor

Diagnostische vraagstelling	Voorkeursopnametechniek	Referenties
Cariës	Bitewing-opnamen	Kamboroğlu et al, 2011
Parodontale defecten	Bitewing- en periapicale opnamen; CBCT lokaal bij infra-bony pockets als conventionele opnamen niet voldoende informatie geven	Walter et al, 2010
Endodontie	Periapicale opnamen of microscoop voor gewone behandeling. Alleen bij terugkerende periapicale problemen of mogelijke wortelfractuur klein volume CBCT. Bij gecompliceerde wortelvorm kan CBCT worden overwogen	Estrela, 2008; Liedke et al, 2009; Kamboroğlu en Kursesun, 2010; Özer, 2010
Geïmpacteerde gebitselementen	Enkel gebitselement: periapicale opnamen; zo nodig klein volume CBCT Meerdere: panoramische opnamen; indien nodig daarna beperkt volume CBCT Bij vermoeden van wortelbeschadiging: lokaal CBCT	Haney et al, 2010; Katheria, 2010; Botticelli et al, 2011
Trauma; gebit	Hoge resolutie, klein volume CBCT als intraorale opnamen niet voldoende informatie geven	Iikubo et al, 2009
Trauma; aangezicht	CBCT alleen als aanvulling op klinisch onderzoek nodig is	Shintaku et al, 2009
Orthodontie	Geen CBCT als routineopname; bij doorbraakstoornissen panoramische röntgenopname of eventueel CBCT Bij schisis CBCT in plaats van MSCT	Isaacson et al, 2008; American Association of Orthodontists, 2010
Reconstructieve chirurgie	CBCT heeft voorkeur boven MSCT als de weke delen klinisch goed kunnen worden beoordeeld	Edwards, 2010; Popat et al, 2010
Implantologie	CBCT alleen bij uitgebreidere behandeling, sterke resorptie van processus alveolaris, uitgezakte sinus Altijd kleinste veld dat het diagnostisch gebied omvat	Harris et al, 2002; Blake et al, 2008; Ganz, 2008; Arisan et al, 2010
Extracties	Derde molaar indien nauwe relatie met canalis mandibularis wordt vermoed; anders alleen bij gecompliceerde wortelvorm of nabijheid sinus	Flygare en Ohman, 2008
Botafwijkingen	Als de weke delen betrokken zijn bij de afwijking (bijv. tumor) bij voorkeur MSCT; CBCT als de afwijking tot het bot beperkt blijft	Momin, 2009; Alkhader et al, 2010; Hendrikx et al, 2010
Kaakgewricht	Imaging in het algemeen niet aanbevolen. Bij vermoeden van botafwijkingen eventueel CBCT. Indien de discus betrokken lijkt, is MRI de voorkeursmethode	Honey et al, 2007; Petersson, 2010

Tabel 2. Overzicht van indicatiegebieden voor CBCT en situaties waarin alternatieve opnametechnieken de voorkeur hebben (naar European Commission, 2012).

dan wel de argumenten noteren in het patiëntendossier. Richtlijnen komen tot stand op basis van de beschikbare wetenschappelijke literatuur. Zij geven daardoor advies over de beste handelwijze op grond van de meest recente wetenschappelijke inzichten. De richtlijnen voor specifieke diagnostische vraagstellingen houden enerzijds rekening met het feit dat CBCT informatie verstrekt over een driedimensionaal volume, anderzijds met de hogere dosis in vergelijking met conventionele tandheelkundige röntgentechnieken en de informatie die daarmee kan worden verkregen. In tabel 2 is een overzicht opgenomen van de belangrijkste indicatiegebieden voor CBCT en van situaties waarin conventionele röntgentechnieken de voorkeur verdienen.

In het algemeen geldt dat CBCT alleen wordt toegepast voor afwijkingen die een groter gebied betreffen of indien de conventionele opnametechnieken geen of onduidelijke informatie geven. In afbeelding 4 wordt een voorbeeld gegeven van geïmpacteerde gebitselementen. Een periapicale opname zou in dit geval minder informatie hebben verschaft. Als besloten wordt tot CBCT moet het kleinste volume worden gebruikt dat diagnostisch relevant is. Afbeelding 5 toont een CBCT-opname van een persistente periapicale radiolucentie. Vergeleken met periapicale röntgenopnamen toont een CBCT-beeld betrouwbaarder wat de oorsprong van het defect is en wat de uitbreiding is.



Afb. 4. Geïmpacteerde gebitselementen waarbij een CBCT-opname was geïndiceerd, omdat periapicale röntgenopnamen minder volledige informatie gaven.

Verantwoordelijkheden van de gebruiker

Aan de gebruiker van een CBCT-toestel worden eisen gesteld die uitgaan boven die voor conventionele tandheelkundige röntgenopnamen. De hogere stralingsdosis van een CBCT-opname betekent ook dat tandartsen de rechtvaardiging en de vervaardiging van de opname in voldoende mate kunnen beoordelen en uitvoeren. Tabel 3 geeft de kennis- en vaardigheidseisen voor de CBCT-gebruiker zoals die zijn vastgelegd in de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming

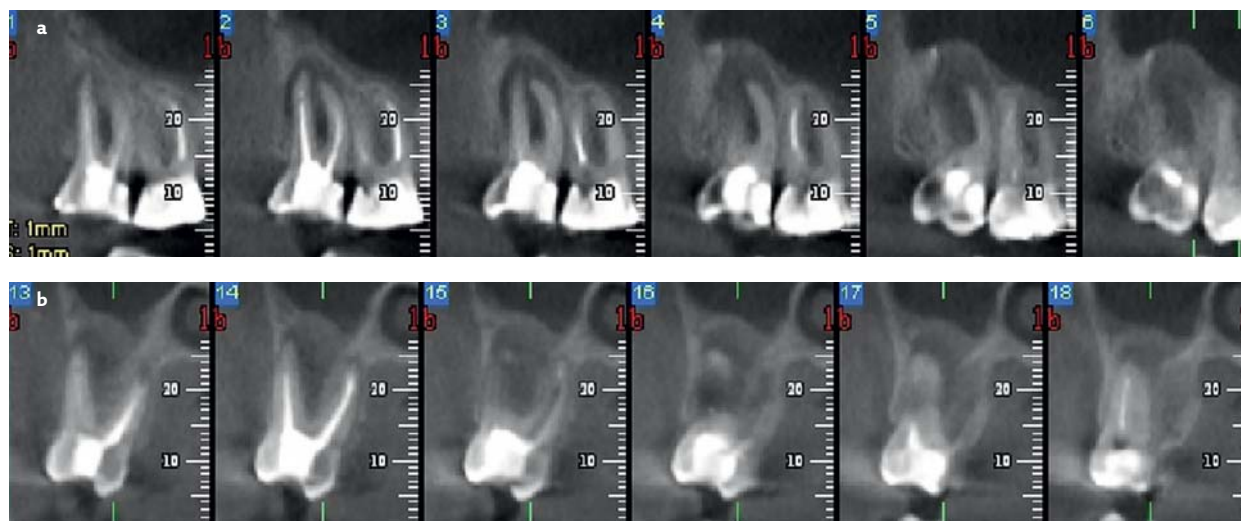
Onderwerp	niveau ²
0 De inhoud van het niveau stralingshygiëne voor tandartsen en orthodontisten wordt bekend verondersteld ¹	
3 Fysische eigenschappen van CBCT - Principe van CBCT - CBCT-systemen - Mogelijkheden voor belichtingsinstellingen - Selectie volume en resolutie	M - Effect van buisspanning - Effect van buisstroom - Effect van beam hardening
4 Principes van stralingsdetectie bij CBCT - Beeldacquisitiesystemen - Principe van CT-beeldreconstructie	M - Partial volume effect - 3D-rendering en visualisatie
5 Principe van en procedures voor rechtvaardiging - Kosten-batenanalyse (rechtvaardiging van het protocol/procedure in het algemeen en voor de specifieke patiënt in het bijzonder) met betrekking tot CBCT	H
10 Toepassing van stralingsbescherming bij CBCT - Effect van bundelbegrenzing en beperking Volume of Interest - Effect van aantal basisprojecties - Effect van opnamehoek	H - Resolutie - Risicoanalyse en vereiste afscherming rondom toestel
11 Toepassing van stralingsbescherming ten opzichte van patiënten - Effecten van belichtingsinstellingen op de patiëntendosis	H
12 Toepassing van stralingsbescherming ten opzichte van personeel en medewerkers - Stralingsbelasting op de omgeving bij CBCT-toestellen	H - Effecten van belichtingsinstellingen op omgevingsdosis
13 Diagnostische referentieniveaus - Voor verrichtingen met CBCT	
15 Kwaliteitsbewaking en kwaliteitsbevordering bij een CBCT - Controle op goede werking	H - Vereiste training van gebruiker
16 Nationale regelgeving en (inter)nationale richtlijnen - Besluit stralingsbescherming - Risicoanalyse - Afscherming rondom CBCT-toestel - Melding/vergunning	H - Rechtvaardiging - SedentexCT - Vergelijking met andere opnamemodaliteiten - Praktijkinstructies en protocollen
17 Interpretatie en diagnostiek - Anatomie en het normale beeld - Implantologie - Endodontologie - Gnathologie - Traumatologie	H - Overige pathologie - Herkennen van fouten in belichtingsinstelling, positionering en gevolgen van mechanische problemen - Artefacten
¹ Dit verwijst naar de kennis verkregen in de initiële opleiding tot tandarts en de bij- en nascholingsseisen zoals beschreven in de Opleidings-eisen stralingshygiëne voor Tandartsen en Orthodontisten (Stcrt 2014, bijlage 3.2).	
² Gebruikte aanduiding voor niveau van kennis en vaardigheid: L = laag, globaal bekend zijn met principes; M = middel, voldoende kennis van onderwerp om toe te kunnen passen in praktijk; H = hoog, gedetailleerde kennis en begrip, voldoende om anderen te kunnen instrueren.	

Tabel 3. Eisen met betrekking tot kennis en vaardigheid stralingshygiëne voor het gebruik van CBCT-toestellen door tandartsen.

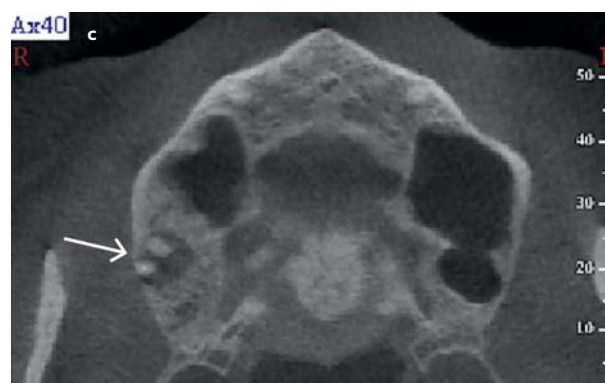
EZ artikel 3.20 en bijlage 3.3 onderdeel C (Staatscourant, 2014). Deze opleidingseisen gaan verder dan die voor de tandarts in het algemeen (Staatscourant, 2014; bijlage 3.2).

De gebruiker van een CBCT-toestel wordt geacht in staat te zijn de juiste afwegingen te maken voor nut en noodzaak van een CBCT-opname. Hiervoor dient hij kennis te hebben van de wijze waarop afwijkingen zichtbaar kunnen zijn op röntgenopnamen in het algemeen en CBCT-opnamen in het bijzonder. Hij moet weten welke alternatieve diagnostische methoden er beschikbaar zijn en welke bete-

kenis die kunnen hebben voor het beantwoorden van de diagnostische vraagstelling. Indien besloten wordt dat een CBCT-opname gerechtvaardigd is, moet hij de juiste opname-instellingen kunnen selecteren om een zo laag mogelijke stralenbelasting voor de patiënt te verkrijgen. Ook een tandarts die verwijst voor een CBCT-opname moet kennis hebben van de diagnostische mogelijkheden van deze opnametechniek. De rechtvaardiging van de opname en de opname-instellingen moeten worden vastgelegd in het patiëntendossier.



Afb 5. Voorbeeld van een CBCT-opname van een persistente periapicale radiolucentie. Serie doorsneden aan de buccale zijde (a); idem aan de palatinale zijde van het gebitselement (b); axiale doorsnede ter hoogte van het apicale gebied (c).



De verkregen opname moet volledig worden geïnterpreteerd. Dat betreft niet alleen de bevindingen ten aanzien van de oorspronkelijke vraagstelling, maar ook eventuele afwijkingen die als toevallsbevindingen worden geconstateerd (afb. 6). Dit geldt voor alle röntgenopnamen die in de tandheelkundige praktijk worden gemaakt, maar bij CBCT-opnamen moet men zich hier des te meer van bewust zijn, omdat er meestal een groter gebied wordt afgebeeld, waardoor er meer afwijkingen zichtbaar kunnen worden, en het gebied zich uitstrekt buiten dat waar een tandarts zich doorgaans mee bezighoudt. Desondanks is hij verantwoordelijk voor het interpreteren of laten interpreteren van het gehele gebied dat aan straling is blootgesteld geweest voor de opname, en dus in de reconstructie wordt weergegeven. Als hij twijfelt over de interpretatie van een verschijnsel dat zich voordoet in een CBCT-beeld moet hij een collega-tandarts raadplegen die meer ervaring heeft met deze vorm van radiologisch onderzoek.

Alle aangetroffen afwijkingen, ook die buiten het normale werkgebied van tandartsen zijn gevonden, moeten worden vermeld in het röntgenverslag in het patiëntendossier.

Verdere ontwikkelingen

CBCT is een vrij jonge röntgenologische opnametechniek binnen de tandheelkunde. De kwaliteit van de beeldrecon-

structies is sinds de introductie aanzienlijk verbeterd. Daardoor zijn ook de toepassingsmogelijkheden toegenomen. Veel aandacht is er thans voor de diagnostische waarde van CBCT voor verschillende tandheelkundige diagnostische vraagstellingen. Door middel van systematische literatuuronderzoeken kunnen klinische onderzoeken met elkaar worden vergeleken. Aan de hand van de uitkomsten kunnen uitspraken worden gedaan over de toepasbaarheid van CBCT, mede in vergelijking tot meer traditionele röntgenopnametechnieken.

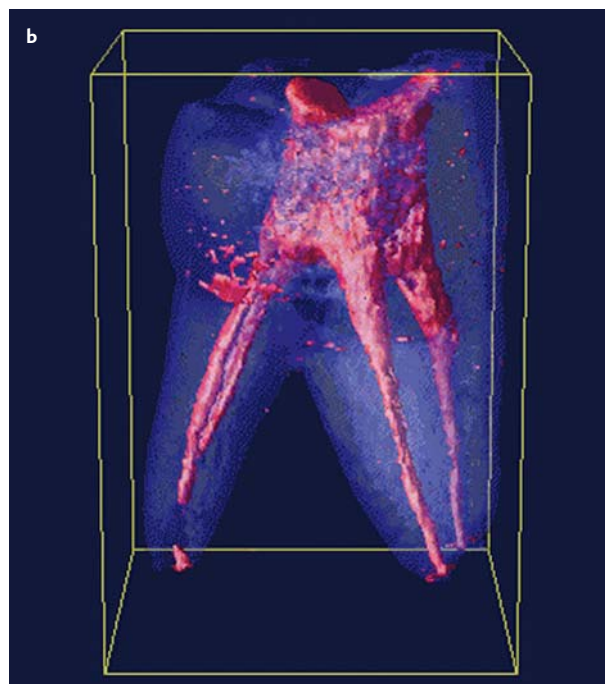
Maar ook in technische zin zijn er verdere ontwikkelingen te verwachten. Om kosten te besparen en expertise te bundelen is het zeer wel denkbaar dat bij gebleken noodzaak een CBCT-onderzoek plaatsvindt in een gespecialiseerde kliniek, waarna de databestanden naar de aanvrager worden verzonden. Deze kan dan de beelden bekijken als voorbereiding op een behandeling. Driedimensionale visualisatie maakt het mogelijk het afgebeelde object van ver-



Afb. 6. Voorbeeld van een toevallsbevinding op een CBCT-opname (a. axiale doorsnede; b. parasagittale doorsnede; c. driedimensionale weergave): een verkalkt ligamentum stylohyoideum.



Afb. 7. Driedimensionale reconstructies van CBCT-opnamen kunnen worden beoordeeld in 'virtual reality'. Met een virtual reality-bril op (a) kunnen in de virtuele omgeving de wortelkanalen in een bovenmolaar worden gezien (b).



schillende kanten te bekijken en als 'virtual reality' object waar te nemen (afb. 7).

De röntgenologische driedimensionale databestanden kunnen ook worden gebruikt als input voor 3D-printers of worden geïntegreerd met andere driedimensionale bestanden. Elders in dit themanummer wordt hier verder op ingegaan (Van der Meer, 2016).

Conclusie

CBCT is binnen een korte tijd een belangrijke röntgenopnametechniek binnen de tandheelkundige diagnostiek geworden. De mogelijkheid om structuren driedimensionaal af te beelden is voor veel afwijkingen in het maxillofaciale gebied van belang. Daar staat tegenover dat de stralingsdosis van een CBCT-onderzoek hoger is dan die van meer conventionele opnametechnieken. Daardoor is terughoudendheid geboden in het indiceren van CBCT-opnamen, en als tot een opname wordt besloten, moeten de meest gunstige opname-instellingen worden gekozen. Hiervoor, en voor het interpreteren van afwijkingen die worden afgebeeld maar buiten het directe ervaringsterrein van tandartsen liggen, is aanvullende scholing vereist.

Literatuur

- * American Association of Orthodontists. Statement on the role of CBCT in orthodontics (26-10 H). eBulletin May 7 2010. www.aaomembers.org/Resources/Publications/ebulletin-05-06-10.cfm. Geraadpleegd op 18 maart 2011.
- * Alkhader M, Kuribayashi A, Ohbayashi N, Nakamura S, Kurabayashi T. Usefulness of cone beam computed tomography in temporomandibular joints with soft tissue pathology. *Dentomaxillofac Radiol* 2010; 39: 343-348.
- * Arisan V, Karabuda ZC, Özdemir T. Accuracy of two stereolithographic guide systems for computer-aided implant placement: a computed-based clinical comparative study. *J Periodontol* 2010; 81: 43-51.
- * Blake FAS, Blessmann M, Pohlentz P, Heiland M. A new imaging mo-

dality for intraoperative evaluation of sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008; 37: 183-185.

- * Botticelli S, Verna C, Cattaneo PM, Heidmann J, Melsen B. Two- versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *Eur J Orthod* 2011; 33: 344-349.
- * Edwards SP. Computer-assisted craniomaxillofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2010; 22: 117-134.
- * Estrela C, Reis Bueno M, Rodrigues Leles C, Azavedo B, Ribamar Azevedo J. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008; 34: 273-279.
- * European Commission. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology; Evidence-Based Guidelines. *Radiation Protection* 172, 2012.
- * Faccioli N, M Barillari, S Guariglia, E Zivelonghi, A Rizzotti, R Cerini, et al. Radiation dose saving through the use of cone-beam CT in hearing-impaired patients. *Radiol Med* 2009; 114: 1308-1318.
- * Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. *Clin Oral Investig* 2008; 12: 291-302.
- * Ganz SD. Defining new paradigms for assessment of implant receptor sites. The use of CT/CBCT and interactive virtual treatment planning for congenitally missing lateral incisors. *Compend Contin Educ Dent* 2008; 29: 256-258.
- * Garcia Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008a; 133: 640.e1-5.
- * Garcia Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Gründler K, Visser H, Hirsch E. Effective dosages for recording Veraviewepocs dental panoramic images: analog film, digital, and panoramic scout for CBCT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008b; 106:571-7 106: 571-577.
- * Haney E, Gansky SA, Lee JS, Johnson E, Maki K, Miller AJ. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137: 590-597.
- * Harris D, Buser D, Dula K, et al. E.A.O. Guidelines for the use of diag-

- nostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. *Clin Oral Implants Res* 2002; 13: 566-570.
- * Hendrikx AW, Maal T, Dieleman F, Van Cann EM, Merckx MA. Cone-beam CT in the assessment of mandibular invasion by oral squamous cell carcinoma: results of the preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010; 39: 436-439.
 - * Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37: 268-273.
 - * Honey OB, Scarfe WC, Hilgers MJ, et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132: 429-438.
 - * Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. *Br J Radiol* 1973; 46: 1016-1022.
 - * Iikubo M, Kobayashi K, Mishima A, et al. Accuracy of intraoral radiography, multidetector helical CT, and limited cone-beam CT for the detection of horizontal tooth root fracture. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: e70-74.
 - * Isaacson KG, Thom AR, Horner K, Whaites E. Orthodontic radiographs. Guidelines for the use of radiographs in orthodontics. London: British Orthodontic Society, 2008.
 - * Kamburoğlu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int Endod J* 2010; 43: 798-807.
 - * Kamburoğlu K, Kurt H, Kolsuz E, Öztaş B, Tatar İ, Çelik HH. Occlusal caries depth measurements obtained by five different imaging modalities. *J Digit Imaging* 2011; 24: 804-813.
 - * Katheria BC, Kau CH, Tate R, Chen JW, English J, Bouquot J. Effectiveness of impacted and supernumerary tooth diagnosis from traditional radiography versus cone beam computed tomography. *Pediatr Dent* 2010; 32: 304-309.
 - * Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod* 2009; 35: 233-235.
 - * Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekstubb A, Helmrot E, Gröndahl K. Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD. *Dentomaxillofac Radiol* 2008; 37: 72-79.
 - * Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, et al. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol* 2009; 71: 461-468.
 - * Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35: 219-226.
 - * Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32: 229-234.
 - * Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. Patiënt risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. *J Am Dent Assoc* 2008; 139: 1237-1243.
 - * Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: 106-114.
 - * Meer J van der. De rol van radiologie in CAD/CAM. *Ned Tijdsch Tandheelkd* 2016; 123: 205-209.
 - * Momin MA, Okochi K, Watanabe H, et al. Diagnostic accuracy of cone-beam CT in the assessment of mandibular invasion of lower gingival carcinoma: comparison with conventional panoramic radiography. *Eur J Radiol* 2009; 72: 75-81.
 - * Okano T, Harata Y, Sugihara Y, Sakaino R, Tsuchida R, Iwai K, Seki K, Araki K. Absorbed and effective doses from cone beam volumetric imaging for implant planning. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38: 79-85.
 - * Özer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod* 2010; 36: 1245-1249.
 - * Palomo JM, Rao PS, Hans MG. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105: 773-782.
 - * Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. The SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012; 81: 267-271.
 - * Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012; 81: 267-271.
 - * Petersson A. What you can and cannot see in TMJ imaging - an overview related to the RDC/TMD diagnostic system. *J Oral Rehabil* 2010; 37: 771-778.
 - * Popat H, Richmond S, Drage NA. New developments in: three-dimensional planning for orthognathic surgery. *J Orthod* 2010; 37: 62-71.
 - * Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol* 2009; 82: 35-40.
 - * Qu XM, Li G, Ludlow JB, Zhang ZY, Ma XC. Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 110: 770-776.
 - * Staatscourant. Regeling van de Minister van Economische Zaken, de Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van 18 oktober 2013, nr. WJZ/12066857, tot vaststelling van de uitvoeringsregeling voor stralingsbescherming van de Minister van Economische Zaken (Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ). *Staatscourant* 17286, 16-06-2014.
 - * Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am* 2008; 52: 707-730.
 - * SEDENTEXCT. Guideline Development Panel. Radiation Protection: Cone Beam CT for Dental and Maxillofacial Radiology Provisional Guidelines 2009 (v 1.1 May 2009). www.sedentext.eu
 - * Shintaku WH, Venturin JS, Azevedo B, Noujeim M. Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex. *Dent Traumatol* 2009; 25: 358-366.
 - * Suomalainen A, Kiljunen T, Kaser Y, Peltola J, Kortensniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol* 2009; 38: 367-378.
 - * Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R. The SEDENTEXCT Project Consortium. Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam computed tomography using anthropomorphic phantoms. *Br J Radiol* 2012; 85: 153-160.

- * Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayiannic K, Kamenopoulou V, Hourdakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. Eur J Radiol 2005; 56: 413-417.
- * Schulze R, Heil U, Grob D, et al. Artefacts in CBCT: a review. Dentomaxillofac Radiol 2011; 40: 265-273.
- * Walter C, Weiger R, Zitzmann NU. Accuracy of three-dimensional imaging in assessing maxillary molar furcation involvement. J Clin Periodontol 2010; 37: 436-441.

Summary

Cone beam computed tomography: is more also better?

Cone beam computed tomography (CBCT) is a radiographic technique that has now been available in dentistry for about 20 years. The ability to display three-dimensional structures is of importance for many defects in the maxillofacial area. A disadvantage, however, is that the dose of a CBCT-study is higher than the dose of more conventional imaging techniques. This should be taken into account when prescribing a CBCT-examination. Because a CBCT-image usually displays a larger area than that of conventional radiography, there is the possibility that abnormalities may be shown that are outside the direct field of experience of the dentist. For all these reasons, the user of a CBCT-device needs to have additional knowledge.

Bron

P.F. van der Stelt

Uit de sectie Orale en Maxillofaciale Radiologie van het Academisch Centrum tandheelkunde Amsterdam (ACTA)

Datum van acceptatie: 14 december 2015

Adres: prof.dr. P.F. van der Stelt, Keizer Karelweg 114, 1185 HZ Amstelveen
p.vdstelt@acta.nl