



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Het effect van Cone Beam CT op het behandel- resultaat in de mondzorg**

RIVM briefrapport 360020007/2011  
P. Stoop | T. van Dillen



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Het effect van Cone Beam CT op het behandelresultaat in de mondzorg**

RIVM Briefrapport 360020007/2011  
P. Stoop | T. van Dillen

## Colofon

© RIVM 2011

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

P. Stoop  
T. van Dillen

Contact:  
Paul Stoop  
Laboratorium voor Stralingsonderzoek  
Paul.Stoop@RIVM.NL

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, directie GMT, in het kader van het Adviespunt Medische en Consumentenproducten

## Rapport in het kort

### **Het effect van Cone Beam CT op het behandelresultaat in de mondzorg**

*Cone beam Computed Tomography* (CBCT) is een relatief nieuwe techniek die met röntgenstraling driedimensionale afbeeldingen van de mond maakt en wordt gebruikt om diagnoses te stellen. In Nederland is deze techniek binnen de mondzorg in opkomst. Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat er geen goede reden is CBCT voor mondzorg routinematig in te zetten, omdat voor de meeste toepassingen het nut hiervoor niet voldoende wetenschappelijk is aangetoond. Daarbij komt dat de patiënt een stralingsdosis krijgt die tien tot honderd keer groter is dan bij de tweedimensionale foto's.

Bij een beperkt aantal aandoeningen, die vooral door specialisten worden behandeld, kan CBCT meerwaarde hebben als conventionele diagnostiek onvoldoende oplevert. Bijvoorbeeld bij een gehemeltespleet (schizis) of bij het bepalen van de ligging van tanden of kiezen die niet op normale wijze doorkomen. Alleen als er aanwijzingen zijn voor afwijkingen in het kaakgewricht, is CBCT direct de aangewezen techniek om een diagnose te stellen.

Het onderzoek van het RIVM was gericht op het effect van de CBCT op het behandelresultaat in de mondzorg. Hiervoor zijn deskundigen geraadpleegd en is literatuuronderzoek gedaan. Opdrachtgever was het ministerie van VWS, dat de resultaten gebruikt als voorbereiding op het te ontwikkelen beleid over dit onderwerp. Binnen de huidige regelgeving kunnen dit soort apparaten zonder vergunning worden aangeschaft. Er bestaat wel een meldingsplicht.

Trefwoorden:

Cone Beam CT, mondzorg

## Inhoud

Samenvatting—5

**1 Inleiding—6**

**2 Resultaten—7**

2.1 Interview—7

2.2 Screening van de literatuur—7

2.2.1 Het algemene beeld—7

2.2.2 Specifiek per specialisme—8

**3 Conclusies—10**

Literatuur—11

## Samenvatting

In een schriftelijk advies van januari 2011 heeft de Nederlandse Maatschappij ter bevordering van Tandheelkunde (NMT) haar standpunt met betrekking tot het gebruik van *Cone Beam CT* (CBCT) in de mondzorg overgebracht aan het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS). Aanleiding hiervoor waren signalen van niet gerechtvaardigd en niet geoptimaliseerd gebruik van CBCT in de mondzorg en het groeiende aantal CBCT-toestellen in Nederland. Wel bezorgt CBCT de patiënt een stralingsdosis die 10 tot 100 maal hoger is dan die van een panorama-opname. Om een wetenschappelijk onderbouwde reactie te kunnen geven op het advies van de NMT, heeft het Ministerie aan het RIVM verzocht een samenvatting te leveren van de literatuur over het effect van CBCT op het behandelresultaat in de mondzorg.

Het algemene beeld dat uit deze samenvatting van de literatuur naar voren komt is, dat het voor een definitief oordeel over de voordelen van CBCT boven 2D-technieken nog te vroeg is. Voor de meeste toepassingen in de mondzorg is het nut van het *routinematig* toepassen van CBCT niet aangetoond en wordt het daarom afgeraden. Bij een aantal specialistische behandelingen kan CBCT geïndiceerd zijn, maar in de regel pas wanneer conventionele diagnostiek onvoldoende informatie heeft opgeleverd.

## 1 Inleiding

Op 31 januari 2011 heeft de Nederlandse Maatschappij ter bevordering van Tandheelkunde (NMT) in een schriftelijk advies, haar standpunt met betrekking tot het gebruik van *Cone Beam CT* (CBCT) in de mondzorg overgebracht aan het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS). Aanleiding hiervoor waren signalen van niet gerechtvaardigd en niet geoptimaliseerd gebruik van CBCT in de mondzorg en het groeiende aantal CBCT-toestellen in Nederland. Met betrekking tot de regulering van CBCT-apparatuur in de mondzorg stelt de NMT zich op het standpunt dat gebruikers van deze apparatuur hiervoor een vergunning moeten aanvragen. Ook wordt opgemerkt dat er nog onvoldoende studie is uitgevoerd om aan te tonen dat CBCT een positief effect heeft op het behandelresultaat.

Om een wetenschappelijk onderbouwde reactie te kunnen geven op het advies, heeft het Ministerie aan het RIVM verzocht een samenvatting te leveren van de literatuur over het effect van CBCT op het behandelresultaat in de mondzorg. Het resultaat hiervan is weergegeven in het voorliggende briefrapport.

## 2 Resultaten

### 2.1 Interview

Aangezien de auteurs geen specifieke kennis bezitten op het gebied van tandheelkunde of mondzorg, is om te beginnen een bezoek gebracht aan prof. Van der Stelt en dr. Berkhout van het Academisch Centrum voor Tandheelkunde Amsterdam (ACTA) om een expert-opinie te vragen over het nut en de rechtvaardiging van CBCT in de mondzorg. Van der Stelt en Berkhout gaven tijdens het gesprek de volgende informatie:

- CBCT-toestellen zijn de laatste jaren sterk in opkomst binnen de mondzorg
- Voor een aantal toepassingen is de meerwaarde van het gebruik van CBCT aangetoond maar voor veel andere niet
- CBCT bezorgt de patiënt een stralingsdosis die 10 tot 100 maal hoger is dan die van een 2D-panorama. Gewone (multislice) CT levert een dosis die nog ruwweg 10 maal zo hoog is.
- Binnen de endodontologie wordt relatief veel gebruik gemaakt van CBCT, maar het nut ervan wordt juist hier het meest betwijfeld.

Tijdens dit gesprek kwam verder naar voren dat het nuttig zou zijn om een aantal onderwerpen (aandoeningen, behandelingen) op een rij te zetten waarbij CBCT in de praktijk wordt toegepast. Prof. Van der Stelt en dr. Berkhout hebben een eerste aanzet voor deze lijst gemaakt en per onderwerp een inschatting gemaakt van de meerwaarde van CBCT ten opzichte van conventionele technieken.

### 2.2 Screening van de literatuur

Op basis van de aandoeningen en behandelingen die bij het interview waren genoemd, hebben de auteurs een literatuurscreening uitgevoerd met als zoektermen de Engelse vertaling van de specialismen ,onderwerpen en aandoeningen uit deze lijst, gecombineerd met de termen: *Cone Beam CT, usefulness, effectiveness, improved treatment, comparative*.

Aan de hand van een eerste screening van de resultaten hebben de auteurs nog één specialisme, parodontologie, toegevoegd en één onderwerp (aandoening/behandeling), namelijk wortelresorptie. Dit onderwerp is van belang binnen de specialismen endodontie en orthodontie. De uiteindelijke lijst is weergegeven in Tabel 1, waarbij de meerwaarde van CBCT is ingedeeld in één van de vier categorieën:

1. niet aangetoond;
2. mogelijk;
3. veelbelovend;
4. zeker geïndiceerd.

#### 2.2.1 Het algemene beeld

Het algemene beeld dat uit de literatuur naar voren komt is:

- CBCT is een nieuwe techniek binnen de mondzorg. De meeste gevonden artikelen dateren van na 2005;
- CBCT is voor een aantal toepassingen en aandoeningen een beter hulpmiddel dan de conventionele 2D-opnamen[1-3];
- Over de afweging of de voordelen van CBCT opwegen tegen de nadelen (dosis) worden in de literatuur geen of nauwelijks harde uitspraken gedaan;
- Het aantal onderzoeken naar de effectiviteit van CBCT op het behandelresultaat waarbij meer dan enkele tientallen patiënten zijn betrokken is nog klein;



- CBCT kan zachtere weefsels ('weke delen') niet goed weergeven. Hiervoor zijn MRI en *Multi Slice CT* (MSCT) meer geschikte modaliteiten;
- Recente review-artikelen geven aan, dat er nog klinische studies nodig zijn om de voordelen van CBCT boven 2D-technieken te bevestigen;
- Voor diagnose van cariës is CBCT niet geïndiceerd;
- Voor verscheidene toepassingen wordt aangegeven dat CBCT alleen geïndiceerd is, nadat gebleken is dat conventioneel onderzoek niet toereikend is[4-6].

## 2.2.2 *Specifiek per specialisme*

### *Kaakchirurgie*

De gevonden artikelen geven aan dat conventionele technieken in veel gevallen toereikend zijn bij het verwijderen van verstandskiezen en het bepalen van de ligging daarvan ten opzichte van de *canalis mandibularis*<sup>1</sup>. Bij gecompliceerde anatomieën kan CBCT het risico op beschadiging van de *inferior alveolar nerve*<sup>2</sup> echter beperken[7-11].

### *Orthodontie*

Op basis van 1029 CBCT-scans is gesteld dat passende beeldvorming een positief resultaat heeft op het behandelresultaat voorafgaand aan sinus-operaties bij schizis<sup>3</sup>[12]. Bij geïmpacteerd<sup>4</sup> gebitselementen kan CBCT een gemakkelijker te interpreteren beeld geven, maar er wordt veelal aangegeven dat het toepassen alleen nodig is in speciale gevallen[13-27]. Dit is in 2010 bevestigd in een resolutie van het huis van afgevaardigden van de *American Association of Orthodontists*[28].

### *Implantologie*

Bij het bepalen van hoogte en breedte van de *processus alveolaris* is CBCT in het bijzonder geïndiceerd als er sprake is van ernstige resorptie van de kaakwal. Hierbij geldt dat behandelaars met minder ervaring meer gebaat zijn bij de informatie die, voorafgaand aan een operatie, met CBCT verkregen kan worden. Voor gevallen waarbij de voor implantaten beschikbare bothoogte gering is is CBCT mogelijk tot veelbelovend voor het bepalen van de afstand tot de *canalis mandibularis* en tot de sinusbodem[29-37].

### *Endodontologie*

In veel artikelen wordt CBCT aangeprezen als een mogelijk nuttige techniek bij het vermoeden van een wortelfractuur[38-46]. In een gezamenlijke *position paper* stellen de *American Assoc. of Endodontists* en de *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology* dat CBCT binnen de endodontologie alleen gebruikt zou moeten worden bij gevallen waar conventionele opnamen geen uitsluitsel geven[47].

### *Kinesiologie*

Bij afwijkingen aan het kaakgewricht is nader onderzoek met CBCT vaak geïndiceerd, in het bijzonder wanneer deze zijn aangetoond bij een voorafgaand MRI-onderzoek[48-51]. De laatste referentie concludeert dit op basis van 350 patiënten en 511 kaakgewrichten.

### *Parodontologie*

<sup>1</sup> Zenuwkanaal door de onderkaak

<sup>2</sup> Zenuwstreng door de *canalis mandibularis*

<sup>3</sup> gespleten verhemelte

<sup>4</sup> in doorbraak gestoord

CBCT heeft voordelen bij het bepalen van de vorm van botafwijkingen en de nabijheid van de wortels[4, 42, 52].

Tabel 1 Tandheelkundige specialismen waarbij CBCT kan worden toegepast

Specialisme	Onderwerp	Meerwaarde van CBCT (waar mogelijk met toelichting): <b>1:</b> niet aangetoond <b>2:</b> mogelijk <b>3:</b> veelbelovend <b>4:</b> zeker geïndiceerd
Kaakchirurgie	Ontwikkeling van het gebit Grote afwijkingen	<b>2</b> <b>3:</b> voor afwijkingen van weke delen (spieren etc.) is MSCT beter vanwege beter contrast.
	Fracturen Verstandskiezen en ligging t.o.v. de canalis mandibularis	<b>3</b> <b>2,</b> eventueel <b>3:</b> sommige kaakchirurgen opereren liever op het gevoel, anderen geven de voorkeur aan 3D-beeldvorming vooraf. Niet voor elke verstandskies.
Orthodontie	Ontwikkeling van gebit Ligging van geïmpacteerde (in doorbraak gestoorde) gebitselementen	<b>2</b> <b>3-4:</b> niet elk geïmpacteerd element, maar in sommige (meer gecompliceerde) gevallen geeft een 3D-beeld gemakkelijker te interpreteren informatie.
	Schizis (gehemeltespleet) Wortelresorptie	<b>3-4</b> <b>2-4</b>
Implantologie	Hoogte en breedte van de processus alveolaris (het bot waarin een implantaat wordt geplaatst)	<b>2-4:</b> afhankelijk van behandelaar; een ervaren behandelaar kan meer tijdens de operatie aanpassen aan bevindingen; een meer onervaren behandelaar is gebaat bij informatie vooraf over breedte en vorm van de kaakwal. Bij ernstige resorptie van de kaakwal meer geïndiceerd.
	Afstand tot canalis mandibularis en afstand tot sinusbodem (neusbijholte)	<b>2-3:</b> afhankelijk van beschikbare bothoogte; bij voldoende bothoogte volstaat een panoramische opname (OPG)
Endodontie (wortelkanaal)	Wortelfractuur en persisterende klachten aan behandelde elementen Wortelresorptie	<b>2:</b> onderzoek naar de meerwaarde van CBCT hierbij wordt op dit moment door ACTA uitgevoerd <b>2-4</b>
Kinesiologie (kaak-gewrichten)	Kaakgewrichtsafwijkingen zoals erosie, extra uitgroei van botpartikeltjes, plaats van kaakkopje in de gewrichtskom	<b>4:</b> bij aanwijzingen voor afwijkingen (anders 3)
Parodontologie	Afwijkingen aan het bot en nabijheid van wortels	<b>2-4</b>

### 3 Conclusies

Toepassing van CBCT in de mondzorg, leidt voor de patiënt tot een stralingsdosis die 10 tot 100 maal hoger is dan die van de standaard panorama-opname. Om het gebruik te rechtvaardigen, moet het daarom tot een significant beter behandelresultaat leiden. Uit de literatuur blijkt dat CBCT het behandelresultaat voor een aantal aandoeningen positief kan beïnvloeden. In review-artikelen en standpunten van beroepsorganisaties wordt wel benadrukt dat CBCT – uitzonderingen daargelaten – niet de eerst aangewezen modaliteit zou moeten zijn.

Vergelijkende studies zijn nog relatief recent en klein in aantal. Studies met meer dan 100 patiënten zijn zeldzaam. Voor de meeste toepassingen in de mondzorg is het nut van het *routinematig* toepassen van CBCT niet aangetoond en wordt daarom afgeraden.

Wanneer conventionele diagnostiek onvoldoende informatie biedt, kan CBCT echter wel geïndiceerd zijn. Per specialisme samengevat, zijn de meest voorkomende situaties waarbij dit het geval kan zijn, de volgende:

- Kaakchirurgie – bij het verwijderen van verstandskiezen bij gecompliceerde anatomieën;
- Orthodontie – voorafgaand aan sinus-operaties bij schizis en in speciale gevallen bij in doorbraak gestoorde gebitselementen;
- Implantologie – wanneer het bot waarin het implantaat wordt geplaatst beperkte afmetingen heeft, afhankelijk van de hoeveelheid ervaring van de behandelaar;
- Endodontologie – bij vermoeden van een wortelfractuur waarbij conventionele opnamen geen uitsluitsel konden geven;
- Kinesiologie – bij nader onderzoek nadat bijvoorbeeld met MRI een afwijking aan het kaakgewricht is gebleken;
- Parodontologie – bij het bepalen van de vorm van botafwijkingen en de nabijheid van de wortels.

De auteurs danken prof. Van der Stelt en dr. Berkhout hartelijk voor hun advies en medewerking.

## Literatuur

1. White, S.C., *Cone-beam imaging in dentistry*. Health Phys, 2008. **95**(5): p. 628-37.
2. Shintaku, W.H., et al., *Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex*. Dent Traumatol, 2009. **25**(4): p. 358-66.
3. Scarfe, W.C., A.G. Farman, and P. Sukovic, *Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice*. J Can Dent Assoc, 2006. **72**(1): p. 75-80.
4. Tetradis, S., P. Anstey, and S. Graff-Radford, *Cone beam computed tomography in the diagnosis of dental disease*. J Calif Dent Assoc, 2010. **38**(1): p. 27-32.
5. Zinman, E.J., S.C. White, and S. Tetradis, *Legal considerations in the use of cone beam computer tomography imaging*. J Calif Dent Assoc, 2010. **38**(1): p. 49-56.
6. Koong, B., *Cone beam imaging: is this the ultimate imaging modality?* Clin Oral Implants Res, 2010. **21**(11): p. 1201-8.
7. Kim, T.S., et al., *A comparison of cone-beam computed tomography and direct measurement in the examination of the mandibular canal and adjacent structures*. J Endod, 2010. **36**(7): p. 1191-4.
8. Ghaemina, H., et al., *Position of the impacted third molar in relation to the mandibular canal. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography compared with panoramic radiography*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2009. **38**(9): p. 964-71.
9. Flygare, L. and A. Ohman, *Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal*. Clin Oral Investig, 2008. **12**(4): p. 291-302.
10. Bornstein, M.M., et al., *Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery*. J Endod, 2011. **37**(2): p. 151-7.
11. Neugebauer, J., et al., *Comparison of cone-beam volumetric imaging and combined plain radiographs for localization of the mandibular canal before removal of impacted lower third molars*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. **105**(5): p. 633-42; discussion 643.
12. Neugebauer, J., et al., *Evaluation of maxillary sinus anatomy by cone-beam CT prior to sinus floor elevation*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2010. **25**(2): p. 258-65.
13. Mah, J.K., J.C. Huang, and H. Choo, *Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics*. J Am Dent Assoc, 2010. **141 Suppl 3**: p. 7S-13S.
14. Merrett, S.J., N.A. Drage, and P. Durning, *Cone beam computed tomography: a useful tool in orthodontic diagnosis and treatment planning*. J Orthod, 2009. **36**(3): p. 202-10.
15. Kau, C.H., et al., *Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics*. J Orthod, 2005. **32**(4): p. 282-93.
16. Kapila, S., R.S. Conley, and W.E. Harrell, Jr., *The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics*. Dentomaxillofac Radiol, 2011. **40**(1): p. 24-34.
17. Leach, H.A., A.J. Ireland, and E.J. Whaites, *Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics*. Br Dent J, 2001. **190**(1): p. 16-22.

18. Korbmacher, H., et al., *Value of two cone-beam computed tomography systems from an orthodontic point of view*. J Orofac Orthop, 2007. **68**(4): p. 278-89.
19. Wortche, R., et al., *Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate*. Dentomaxillofac Radiol, 2006. **35**(2): p. 88-94.
20. Alqerban, A., et al., *Root resorption of the maxillary lateral incisor caused by impacted canine: a literature review*. Clin Oral Investig, 2009. **13**(3): p. 247-55.
21. Katheria, B.C., et al., *Effectiveness of impacted and supernumerary tooth diagnosis from traditional radiography versus cone beam computed tomography*. Pediatr Dent, 2010. **32**(4): p. 304-9.
22. Haney, E., et al., *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**(5): p. 590-7.
23. Alqerban, A., et al., *In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009. **136**(6): p. 764 e1-11; discussion 764-5.
24. Alqerban, A., et al., *Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption*. Eur J Orthod, 2011. **33**(1): p. 93-102.
25. Botticelli, S., et al., *Two- versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines*. Eur J Orthod, 2010.
26. Nakajima, A., et al., *Two- and three-dimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography*. Angle Orthod, 2005. **75**(6): p. 895-903.
27. Chen, J., S. Li, and S. Fang, *Quantification of tooth displacement from cone-beam computed tomography images*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009. **136**(3): p. 393-400.
28. House of Delegates acts on resolutions; Available from: <http://www.aaomembers.org/resources/publications/ebulletin-05-06-10.cfm>.
29. Worthington, P., J. Rubenstein, and D.C. Hatcher, *The role of cone-beam computed tomography in the planning and placement of implants*. J Am Dent Assoc, 2010. **141 Suppl 3**: p. 19S-24S.
30. Cohenca, N., et al., *Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries*. Dent Traumatol, 2007. **23**(2): p. 95-104.
31. Guerrero, M.E., et al., *State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement*. Clin Oral Investig, 2006. **10**(1): p. 1-7.
32. Georgescu, C.E., et al., *Cone beam computed tomography as a method of quantitative and qualitative analysis of alveolar crest in the frontal mandibular area*. Rom J Morphol Embryol, 2010. **51**(4): p. 713-7.
33. Angelopoulos, C., et al., *Comparison between digital panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the identification of the mandibular canal as part of presurgical dental implant assessment*. J Oral Maxillofac Surg, 2008. **66**(10): p. 2130-5.
34. Barghan, S., R. Merrill, and S. Tetradis, *Cone beam computed tomography imaging in the evaluation of the temporomandibular joint*. J Calif Dent Assoc, 2010. **38**(1): p. 33-9.

35. Dreiseidler, T., et al., *Comparison of cone-beam imaging with orthopantomography and computerized tomography for assessment in presurgical implant dentistry*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2009. **24**(2): p. 216-25.
36. Angelopoulos, C. and T. Aghaloo, *Imaging technology in implant diagnosis*. Dent Clin North Am, 2011. **55**(1): p. 141-58.
37. Peck, J.N. and G.J. Conte, *Radiologic techniques using CBCT and 3-D treatment planning for implant placement*. J Calif Dent Assoc, 2008. **36**(4): p. 287-90, 292-4, 296-7.
38. Patel, S., *New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography*. Int Endod J, 2009. **42**(6): p. 463-75.
39. Cotton, T.P., et al., *Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography*. J Endod, 2007. **33**(9): p. 1121-32.
40. Ozer, S.Y., G. Unlu, and Y. Deger, *Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three case reports with two-year follow-up*. J Endod, 2011. **37**(1): p. 97-102.
41. Varshosaz, M., et al., *Comparison of conventional radiography with cone beam computed tomography for detection of vertical root fractures: an in vitro study*. J Oral Sci, 2010. **52**(4): p. 593-7.
42. Tyndall, D.A. and S. Rathore, *Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications*. Dent Clin North Am, 2008. **52**(4): p. 825-41, vii.
43. Ozer, S.Y., *Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography*. J Endod, 2010. **36**(7): p. 1245-9.
44. Patel, S., et al., *The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems*. Int Endod J, 2007. **40**(10): p. 818-30.
45. Cohenca, N., et al., *Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption*. Dent Traumatol, 2007. **23**(2): p. 105-13.
46. Bornstein, M.M., et al., *Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth*. Dent Traumatol, 2009. **25**(6): p. 571-7.
47. *Use of cone-beam computed tomography in endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2011. **111**(2): p. 234-7.
48. Alkhader, M., et al., *Usefulness of cone beam computed tomography in temporomandibular joints with soft tissue pathology*. Dentomaxillofac Radiol, 2010. **39**(6): p. 343-8.
49. Tsiklakis, K., K. Syriopoulos, and H.C. Stamatakis, *Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography*. Dentomaxillofac Radiol, 2004. **33**(3): p. 196-201.
50. Lewis, E.L., et al., *Contemporary imaging of the temporomandibular joint*. Dent Clin North Am, 2008. **52**(4): p. 875-90, viii.
51. Meng, J.H., et al., *[Diagnostic evaluation of the temporomandibular joint osteoarthritis using cone beam computed tomography compared with conventional radiographic technology]*. Beijing Da Xue Xue Bao, 2007. **39**(1): p. 26-9.
52. Takane, M., et al., *Clinical application of cone beam computed tomography for ideal absorbable membrane placement in interproximal bone defects*. J Oral Sci, 2010. **52**(1): p. 63-9.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)