

## Recommandations

# Radioprotection : tomographie à faisceau conique pour la chirurgie orale et maxillo-faciale

Thomas Fortin\*

UFR d'Odontologie, Département de Chirurgie buccale, Lyon, France

La Communauté européenne a jugé pertinent de financer l'organisation d'un groupe de travail pour évaluer l'utilité de la tomographie à faisceau conique (CBCT pour Cone Beam Computed Tomography) en Chirurgie bucco-dentaire. Cette initiative s'explique aussi par le fait que cette technique trouvant un accueil très favorable auprès des cliniciens, il semblait nécessaire de rappeler le principe de précaution. Les avantages du CBCT paraissent évidents mais ils ne doivent pas faire oublier que son utilisation doit s'inscrire dans le cadre de la justification et de l'optimisation de tout examen radiologique et que les patients sont de plus en plus sensibles sur ce sujet. Ce n'est sans doute pas un hasard si un numéro de la version américaine du Times Magazine publiait, il y a peu de temps, un article sur le risque de systématisation des examens CBCT par les chirurgiens-dentistes. Ce travail permet donc de faire le point sur la réalité des bénéfices pour le patient mais aussi sur les risques encourus.

Les conclusions peuvent paraître frustrantes en ce sens où elles ne semblent pas présenter de façon enthousiaste le CBCT dans notre discipline. On doit constater qu'il en va de même pour toutes les disciplines de la Chirurgie bucco-dentaire. Ceci tient, comme le groupe Sedentextc le souligne, aux critères de sélection des publications adoptés dans le cadre de ce travail et au niveau de preuve assez faible de l'ensemble des publications. Elles sont essentiellement constituées de séries de cas sans effectuer de comparaison avec les techniques de radiologie conventionnelle et sans aborder l'aspect médico-économique de la question. C'est bien naturel pour une technique qui est récente, sa première présentation en France a été faite lors d'un congrès de la SFMBCB il y a seulement 10 ans.

Dans un contexte d'évolution permanente où les technologies et l'approche clinique changent rapidement, les conclusions de ce groupe de travail doivent être rediscutées régulièrement. Par exemple, il convient de lire le position-paper de l'EAO (European Association for Osseointegration) soumis pour publication dans la revue Clinical Oral Implant Research. Et pour les plus curieux d'entre vous, vous pouvez lire les recommandations du groupe de travail Sedentextc dans leur intégralité sur le site [www.sedentextc.eu](http://www.sedentextc.eu) ou les conclusions de l'évaluation faite par la HAS en 2009 qui, en donnant plus d'importance à certaines publications, accordent beaucoup plus de pertinence à certains examens CBCT. Le groupe Sedentextc donne à la fin de son document quelques pistes intéressantes pour la recherche dans ce domaine.

---

\* Correspondance : [thomas.fortin@univ-lyon1.fr](mailto:thomas.fortin@univ-lyon1.fr)

# Radioprotection : tomographie à faisceau conique pour la chirurgie orale et maxillo-faciale

Transposition française de la partie consacrée à la chirurgie orale et maxillo-faciale dans les recommandations proposées dans le projet européen SEDENTEXCT ([www.sedentexct.eu](http://www.sedentexct.eu)).

Le projet SEDENTEXCT (2008–2011) a été financé dans le cadre du 7<sup>ème</sup> programme commun de recherche et de développement de la Communauté européenne pour l'énergie atomique (Euratom) pour la promotion de la recherche nucléaire et des activités de formation (2007–2011) (<http://cordis.europa.eu/fp7/euratom/>).

Ni la Commission européenne ni les personnes intervenant dans la Commission ne sont responsables de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qui suivent. Les opinions exprimées dans ce document sont de la seule responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement l'opinion de la Commission européenne.

## A. Introduction

SEDENTEXCT est un projet commun qui a pour objectif l'acquisition de données basées sur l'expérience et sur des preuves scientifiques. Ces données sont essentielles pour la définition des applications cliniques de la tomographie à faisceau conique (CBCT pour Cone Beam Computed Tomography) dédiée à la chirurgie orale et maxillo-faciale. Pour faire la promotion de l'efficacité et de la sécurité de cette technique en pratique clinique, toutes ces données ont été utilisées pour établir des recommandations sur la justification, l'optimisation et les critères de référence concernant les examens de radiologie à destination des utilisateurs de CBCT, c'est-à-dire les :

- Radiologues à orientation chirurgie orale et maxillo-faciale.
- Chirurgiens-dentistes et leurs assistantes.
- Manipulateurs en radiologie.
- Radiophysiciens.
- Fabricants et vendeurs d'équipement.

Ce document a été préparé dans la continuité des deux autres directives de la Communauté européenne :

- Directive 96/29/Euratom, 13 mai 1996, sur les consignes de sécurité pour la protection de la santé des travailleurs et du public contre les dangers des radiations ionisantes (Basic Safety Standards Directive).
- Directive 97/43/Euratom, 3 juin 1997, sur la protection des personnes contre les dangers des radiations ionisantes en rapport avec l'exposition médicale (Medical Exposures Directive).

Les données de ces directives ont été complétées par une revue systématique de la littérature pour aboutir à des recommandations détaillées, nécessaires par le fait qu'aucune exposition aux rayons X ne peut être considérée comme sans risque. Ainsi, l'utilisation du CBCT en chirurgie orale engage la responsabilité du praticien dans la protection du patient.

Des recommandations ne sont pas un texte contraignant et des adaptations doivent être faites en fonction de la législation et des pratiques de chaque pays.

K. Horner, Coordinateur du projet SEDENTEXCT, Université de Manchester

## B. Irradiation et risques

### B.1. Effets de l'irradiation

Lors d'un examen avec des rayons X, des millions de photons traversent le corps du patient. Ceci peut endommager n'importe quelle molécule, en particulier celles de l'ADN d'un chromosome. La plupart des altérations de l'ADN sont réparées rapidement. Quelques altérations chromosomiques peuvent devenir permanentes (mutation) et aboutir à la formation d'une tumeur. La période de latence entre l'exposition aux rayons X et le diagnostic clinique de tumeur peut durer plusieurs années. Le risque potentiel d'apparition d'une tumeur suite à une exposition donnée peut être évalué ; c'est la raison pour laquelle la dose délivrée par chaque technique radiologique est importante à connaître. En chirurgie orale, comme on utilise des doses relativement faibles, les études épidémiologiques mettent difficilement en évidence une augmentation de l'incidence des tumeurs du cerveau (Longstreth et al. 1993, Preston-Martin et White 1990), des glandes salivaires (Preston-Martin et White 1990, Horn-Ross et al. 1997) ou de la thyroïde (Hallquist et al. 1994, Wingren et al. 1997, Memon et al. 2010), liée aux examens radiologiques en Chirurgie bucco-dentaire.

Les effets potentiels décrits sont considérés comme des effets stochastiques (« perte de chance »), pour lesquels l'importance du risque d'apparition est proportionnelle à la dose reçue. Il n'y a pas de seuil d'irradiation en dessous duquel il n'y aurait pas d'effet (Commission européenne, 2001). Pour les autres effets de l'irradiation (cataracte, érythème, effets sur la fertilité ...), des seuils ont été établis en dessous desquels ils n'apparaissent pas. Ces seuils sont variables en fonction des tissus et de l'âge du patient mais ils sont tous bien supérieurs aux doses utilisées en Chirurgie bucco-dentaire. Ainsi, sauf circonstances extraordinaires, ces effets déterministes ne sont pas observés dans notre discipline.

### B.2. Risques

Les risques comportent l'apparition de cancers et de mutations à caractère héréditaire. On considère que ces risques ont une probabilité négligeable en radiologie dentaire (White 1992) ; ceci est également vrai pour le CBCT en Chirurgie bucco-dentaire.

Les risques dépendent de l'âge, et sont d'autant plus importants que le patient est jeune. Ils sont exprimés par rapport à un patient de 30 ans et ils doivent être pondérés par un facteur déterminé en fonction de l'âge (Tableau B2, Recommandations de l'ICRP pour International Commission on Radiological Protection, 1990). Ceci représente une moyenne pour les deux sexes ; à tous les âges, les risques sont légèrement plus élevés chez la femme que chez l'homme.

Après 80 ans, le risque devient négligeable du fait de la période de latence entre l'exposition et l'apparition éventuelle d'une tumeur. Pour les patients jeunes, les tissus sont plus radio-sensibles et leur espérance de vie est supérieure à la période de latence.

Tableau B2. Relation entre les risques et l'âge. Ces données sont extraites des Recommandations de l'ICRP (1990) et représentent les risques potentiels en fonction de la durée de vie établis en considérant que les risques sont équivalents à 1 à l'âge de 30 ans.

Age (années)	Facteur multiplicatif pour le risque
< 10	× 3
10-20	× 2
20-30	× 1,5
30-50	× 0,5
50-80	× 0,3
+80	Risques négligeables

### B.3. Doses

Les doses reçues lors d'un examen CBCT (et par conséquent les risques encourus) sont en général supérieures à celles d'un examen dento-alvéolaire conventionnel (radiographie intra-orale ou panoramique) mais inférieures à celles d'un examen scanner X. La dose est très variable en fonction de l'équipement et des paramètres utilisés, et surtout en fonction du champ d'irradiation. A titre de comparaison, les doses en fonction de l'examen sont rappelées dans les tableaux B3a et B3b.

Tableau B3a. Fourchette des doses effectives et valeur médiane (entre parenthèses) en  $\mu\text{Sv}$  pour les examens CBCT. Dento-alvéolaire signifie petit champ et champ moyen, (c'est-à-dire inférieur à 10 cm de hauteur) et craniofacial grand champ.

CBCT	Doses effectives	Références
Dento-alvéolaire	11-674 (61)	Ludlow et al. 2003 Ludlow et 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. in press
Cranio-facial	30-1073 (87)	Ludlow et al. 2003 Tsiklakis et al. 2005 Ludlow et al. 2006 Ludlow et 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. in press

Tableau B3b. Doses effectives en  $\mu\text{Sv}$  pour l'imagerie dentaire conventionnelle.

Types de radiographie	Doses effectives	Références
Rétro-alvéolaire	< 1,5	Ludlow et al. 2008
Panoramique dentaire	2,7-24,3	Ludlow et al. 2006 Okano et al. 2009 Garcia Silva et al. 2008b Palomo et al. 2008 Garcia Silva et al. 2008a
Téléradiographie	< 6	Ludlow et al. 2008
Scanner maxillo-mandibulaire	280-1410	Okano et al. 2009 Garcia Silva et al. 2008a Loubele et al. 2005 Faccioli et al. 2009 Suomalainen et al. 2009

#### B.4. Principes de base

Une série de 20 « principes de base » a été établie pour l'utilisation du CBCT :

1. Un examen CBCT ne peut être prescrit sans qu'une anamnèse et un examen clinique du patient n'aient été réalisés.
2. L'examen CBCT doit être justifié pour chaque patient et offrir un bénéfice supérieur au risque.
3. Un examen CBCT doit apporter de nouvelles informations.
4. Un examen CBCT ne doit pas être répété en routine sur un patient sans qu'une nouvelle analyse bénéfice/risque préalable n'ait été réalisée.
5. Pour pratiquer un examen CBCT sur un patient adressé par un confrère, le chirurgien-dentiste référent doit fournir suffisamment d'informations cliniques (anamnèse et examen clinique) pour permettre à celui qui pratique l'examen CBCT d'avoir la justification de cet examen.
6. L'examen CBCT ne doit être réalisé que si un examen radiologique moins irradiant ne peut répondre à la question clinique.
7. Les images d'un examen CBCT doivent être accompagnées d'un rapport radiologique concernant l'ensemble des clichés de l'examen CBCT.
8. Lorsque l'évaluation des tissus mous constitue tout ou partie de la justification de l'examen, le scanner X et l'IRM constituent alors un examen plus approprié que le CBCT.
9. Un CBCT doit permettre de choisir entre des volumes d'exploration de différentes tailles afin de pouvoir les adapter à chaque situation.
10. Lorsqu'un CBCT offre plusieurs possibilités de résolution, on doit choisir la résolution la mieux adaptée pour le diagnostic qui utilise la dose la plus faible.
11. Une charte assurance-qualité doit être définie pour chaque équipement CBCT, incluant l'équipement, la technique et les procédures de contrôle qualité.
12. Les aides au positionnement du patient (faisceaux lumineux) doivent toujours être utilisés.
13. Pour toute nouvelle installation d'un équipement CBCT, une analyse des risques doit être réalisée pour s'assurer que la radioprotection du personnel, du public et des patients est optimale.
14. Un équipement CBCT doit subir régulièrement des tests pour s'assurer que les mesures de radioprotection, aussi bien pour les praticiens que pour les patients, sont toujours efficaces.
15. Pour la radioprotection du personnel, les recommandations détaillées dans le chapitre 6 du document de la Commission Européenne « Radiation protection 136 : European guidelines on radiation protection in dental radiology » doivent être respectées.
16. Tout praticien concerné par le CBCT doit avoir reçu une formation théorique et pratique en radiologie et en radioprotection.
17. Il est indispensable d'effectuer une formation continue, plus particulièrement lors de l'acquisition d'un nouvel équipement.
18. Les chirurgiens-dentistes responsables d'un équipement CBCT qui n'ont pas reçu au préalable une formation adéquate, théorique et pratique, doivent effectuer une formation théorique et pratique, validée par une institution de niveau académique (université ou équivalent). Quand il existe une qualification nationale pour une spécialité en radiologie dento-maxillo-faciale, un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale doit participer à la conception et à l'organisation du programme de formation pour le CBCT.
19. Pour les images CBCT des dents, de leurs tissus de soutien, de la mandibule et du maxillaire jusqu'au plancher des fosses nasales (soit les champs de  $8 \times 8$  ou plus petits), le rapport radiologique doit être réalisé par un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale ou, si ce n'est pas possible, par un chirurgien-dentiste correctement formé.
20. Pour les petits champs s'étendant en dehors du domaine dentaire (par exemple os temporal) et pour toute image CBCT cranio-faciale (champs s'étendant au-delà des dents, de leurs tissus de soutien, de la mandibule y compris l'ATM, et du maxillaire jusqu'au plancher des fosses nasales), le rapport radiologique doit être réalisé par un radiologue spécialisé en radiologie dento-maxillo-faciale ou par un radiologue clinicien (radiologue médical).

## B.5. Références

European Commission. Radiation protection 125: Low dose ionizing radiation and cancer risk. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, 2001. <http://europa.eu.int/comm/environment/radprot/publications>.

European Commission. Radiation protection 136: European guidelines on radiation protection in dental radiology. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, 2004. [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136_en.pdf)

European Commission. Radiation protection 88: Recommendations for the implementation of Title VII of the European basic safety standards (BSS) directive concerning significant increase in exposure due to natural radiation sources. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, 1997.

Faccioli N, Barillari M, Guariglia S, Zivelonghi E, Rizzotti A, Cerini R, Pozzi Mucelli R. Radiation dose saving through the use of cone-beam CT in hearing-impaired patients. *Radiologia Medica* 2009;114:1308-18.

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.

Hallquist A, Hardell L, Degerman A, Wingren G, Boquist L. Medical diagnostic and therapeutic ionizing radiation and the risk for thyroid cancer: a case-control study. *Eur J Cancer Prevention* 1994;3:259-67.

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;37:268-73.

Horn-Ross PL, Ljung BM, Morrow M. Environmental factors and the risk of salivary gland cancer. *Epidemiology* 1997;8:414-9.

ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. 2007. *Annals ICRP*: 37.

ICRP Publication 60. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. 1990. *Annals ICRP*: 21.

Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekestubbe A, Helmrot E, Gröndahl K. Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:72-9.

Longstreth WT, Dennis LK, McGuire VM, Drangsholt MT, Koepsell TD. Epidemiology of intracranial meningioma. *Cancer* 1993;72:639-48.

Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P, Marchal G, Sanderink G, Jacobs R. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol* 2009;71:461-8.

Loubele M, Jacobs R, Maes F, Schutyser F, Debaveye D, Bogaerts R, Coudyzer W, Vandermeulen D, van Cleynenbreugel J, Marchal G, Suetens P. Radiation dose vs. image quality for low-dose CT protocols of the head for maxillofacial surgery and oral implant planning. *Radiat Prot Dosimetry* 2005;117:211-6.

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;35:219-26.

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;32:229-34.

Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. Patient 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;139:1237-43.

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;106:106-14.

Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental X-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol* 2010;49:447-53.

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.

Palomo JM, Rao PS, Hans MG. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:773-82.

Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K. The SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* (in press).

Preston-Martin S, White SC. Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dent Assoc* 1990;120:151-8.

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;110:770-6.

Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol* 2009;82:35-40.

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;38:367-78.

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* (in press).

Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayiannis K, Kamenopoulou V, Hourdakakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol* 2005;56:413-7.

White SC. Assessment of radiation risk from dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1992;21:118-26.

Wingren G, Hallquist A, Hardell L. Diagnostic X-ray exposure and female papillary thyroid cancer: a pooled analysis of two Swedish studies. *Eur J Cancer Prevention* 1997;6:550-6.

## C. Justification et critères de référence en Chirurgie orale

### C.1. Exodontie

Il n'y a pas de publications relatives à l'utilisation du CBCT pour l'avulsion de dents sur l'arcade et il ne semble pas y avoir de raisons valables pour suggérer cette utilisation.

Pour les dents incluses, deux études seulement ont un niveau de preuve significatif (Tantanapornkul et al. 2007, Ghaemini et al. 2009) ; les autres sont constituées par des séries de cas et des revues non systématiques. Malgré les conclusions contradictoires de ces publications, le panel d’experts estime que lorsque la radiographie conventionnelle suggère une relation directe entre une troisième molaire mandibulaire et le canal alvéolaire inférieur et lorsque que l’indication d’avulsion a été posée, un examen CBCT peut être envisagé.

Il est important que cette recommandation ne soit pas appliquée de façon systématique. La prévalence des dysesthésies post-opératoires après l’avulsion d’une troisième molaire mandibulaire par un praticien expérimenté est extrêmement faible et il n’est pas prouvé que la réalisation d’un CBCT diminue la fréquence des suites opératoires. Chaque cas doit faire l’objet d’une évaluation du risque encouru.

Les données de la littérature pour l’avulsion des autres dents incluses sont très rares ; elles concernent surtout les indications du CBCT pour la canine incluse. Comme pour la troisième molaire, il semble que le CBCT puisse avoir une indication pour l’évaluation pré-opératoire des dents impactées lorsque la radiographie conventionnelle est insuffisante. Le panel d’experts insiste pour que le champ utilisé soit le plus petit possible pour la région à explorer.

### C.2. Implantologie

En 2002, un groupe de travail, sous l’égide de l’European Association for Osseointegration (EAO) a publié des recommandations sur l’imagerie en implantologie dentaire (Harris et al. 2002). A l’époque le texte ne mentionnait pas l’utilisation du CBCT mais il précisait les critères conduisant à l’utilisation de l’imagerie sectionnelle :

- Le praticien doit décider si le patient a besoin d’une imagerie de type sectionnelle (à l’époque scanner X exclusivement) sur les bases d’un examen clinique, des nécessités liées au traitement et sur les informations obtenues à partir de la radiographie conventionnelle.
- La technique choisie doit apporter les informations requises avec le minimum d’irradiation possible.
- Le bilan d’imagerie standard reste la combinaison des techniques conventionnelles.
- L’imagerie sectionnelle est limitée aux cas où plus d’informations cliniques sont requises après un examen clinique approprié et la réalisation des radiographies standards.

Les recommandations de l’EAO insistent sur le fait que l’imagerie sectionnelle représente une valeur ajoutée lors de l’exploration clinique pré-opératoire (Tableau B2) et pour le plan de traitement mais qu’elle ne peut en aucun cas être considérée comme faisant partie de l’examen de routine. Mais elle peut être indiquée lors d’une complication : lésion nerveuse ou infection postopératoire intéressant les fosses nasales et/ou les cavités sinusiennes proches de l’implant (Harris et al. 2002).

Tableau C2. Indications pour un examen d’imagerie sectionnelle.

Maxillaire	Dent unitaire	a. canal incisif b. sinus procidens c. incertitude sur la morphologie de la crête
	Edentement partiel	a. sinus procidens b. incertitude sur la morphologie de la crête
	Edentement complet	a. sinus procidens b. incertitude sur la morphologie de la crête
Mandible	Dent unitaire	a. doute sur la position du nerf alvéolaire inférieur b. incertitude sur la morphologie de la crête
	Edentement partiel	a. doute sur la position du nerf alvéolaire inférieur ou du foramen mentonnier b. incertitude sur la morphologie de la crête
	Edentement complet	a. résorption sévère b. incertitude sur la morphologie de la crête c. incertitude sur la position du nerf alvéolaire inférieur si un implant doit être placé en position postérieure.



Ces indications qui sont très subjectives, reposent sur le doute clinique, leur exposé ne peut constituer un guide des bonnes pratiques très utile.

Il y a de nombreuses publications sur l'utilisation du CBCT en implantologie dentaire mais il n'y a pas d'études fiables sur la précision du diagnostic. Cependant, les études en laboratoire sur la précision géométrique sont favorables et montrent que les mesures linéaires sont très précises. Cependant, les mesures obtenues sur les patients perdent en partie leur précision en raison des légers mouvements effectués par le patient pendant l'examen. En conséquence, le panel d'experts estime que les praticiens doivent faire appel à leur sens clinique et garder une marge de sécurité lorsqu'ils placent des implants près des structures anatomiques à éviter. Néanmoins, la visualisation aisée de ces structures constitue un élément qu'il ne faut pas négliger. Loubele et al. (2007) ont démontré que la qualité subjective des images du CBCT est supérieure pour les structures anatomiques à éviter que le scanner multispiralé.

Plusieurs auteurs ont étudié les capacités du CBCT pour mettre en évidence les structures neuro-vasculaires afin de prévenir les neuropathies post-chirurgicales ou un éventuel risque hémorragique pendant l'intervention chirurgicale, en particulier dans la région du plancher buccal où il peut avoir des conséquences sévères. Le panel d'experts reconnaît que ces risques doivent être pris en considération pour les suites opératoires et le bien être du patient. Pour Naitho et al. (2010), il n'y a pas de différence significative entre un CBCT et un scanner multispiralé pour la mise en évidence de structures anatomiques fines comme les structures neuro-vasculaires de la mandibule. Il faut toutefois noter que ces résultats ne sont pas nécessairement reproductibles avec tous les CBCT et tous les scanners car les paramètres d'exposition et d'autres variables influencent la qualité des images.

Les recommandations de l'EAO insistent sur l'importance d'un transfert précis des données d'imagerie sur le site chirurgical : « L'information diagnostique sera optimisée par l'utilisation de marqueurs radio-opaques ou de guide radiologique. Toutefois cette information ne pourra être transférée avec précision sur le site chirurgical sans l'utilisation d'un système de navigation. » (Harris et al. 2002). Plusieurs études se sont intéressées à la précision de la mise en place d'un implant avec un guide élaboré à partir des données du CBCT (Fortin et al. 2002, Fortin et al. 2003, Sarment et al. 2003, van Steenberghe et al. 2003, Nickening et Eitner 2007, van Assche et al. 2007, Nickening et Eitner 2010, Arisan et al. 2010, van Assche et al. 2010, Al-Ekrish et Ekram 2011). Ces études suggèrent qu'en gardant à l'esprit les limites de ces systèmes, le CBCT fournit des données suffisamment fiables pour l'élaboration de guides chirurgicaux.

A la lecture des nombreuses publications sur l'intérêt du CBCT en implantologie orale, le panel d'experts propose les recommandations suivantes :

- Le CBCT est indiqué comme alternative aux techniques d'imagerie sectionnelle lorsque l'irradiation émise par le CBCT est moins importante.
- Pour un examen d'imagerie sectionnelle avant la mise en place d'un implant, le CBCT avec ses champs ajustables présente un avantage important par rapport au scanner, lorsque la région d'intérêt est restreinte et que le champ peut être limité à cette région.

Dans les différentes publications sur les capacités du CBCT à donner des informations sur la qualité de l'os, il apparaît que la corrélation entre les mesures de densité osseuse et les niveaux de gris est incertaine. Il n'y a pas de corrélation fiable entre les niveaux de gris et les unités Hounsfield. Une évaluation de la qualité osseuse ne peut donc pas être faite à partir du CBCT.

### C.3. Pathologies osseuses

Le chirurgien-dentiste peut être confronté à des lésions osseuses : kystes, tumeurs et une grande variété de lésions qui peuvent se développer dans les maxillaires et s'accompagner de signes cliniques. Certaines lésions, longtemps asymptomatiques, sont découvertes fortuitement lors d'un examen radiographique conventionnel. De nombreux cas rapportés dans la littérature (Abdelkarim et al. 2008, Araki et al. 2006, Araki et al. 2007, Barragan-Adjemian et al. 2009, Closmann et Schmidt 2007, Fullmer et al. 2007, Guttenberg 2008, Harokopakis-Hajjishengallis et Tiwana 2007, Kamel et al. 2009, Kumar et al. 2007, Nakagawa et al. 2002, Quereshy et al. 2008, Rodrigues et Estrela

2008, Rozylo-Kalinowska et Rozylo 2001, Scherer et al. 2008, Schulze et al. 2006, Schulze 2009, Smith et al. 2007, Ziegler et al. 2002) comportent une description radiologique faite à partir d'images de CBCT. Toutefois, il reste difficile d'évaluer avec précision l'importance du CBCT dans l'analyse de ces lésions en raison du manque d'études formelles. Cependant, la très grande variété de pathologies rencontrées dans les maxillaires et les cas ou séries de cas publiés suggèrent que le CBCT pourrait avoir un rôle important dans le dépistage et l'analyse de ces lésions.

Quatre études ont été retenues par le panel d'experts pour l'étude de la précision du diagnostic (Hendriks et al. 2010, Momin et al. 2009, Rosenberg et al. 2010, Simon et al. 2006). Momin et al. (2009) ont comparé la précision du diagnostic entre le CBCT haute résolution et la radiographie panoramique pour le dépistage des carcinomes gingivaux avec un envahissement de la mandibule, confirmé par l'examen histopathologique des pièces opératoires. La sensibilité du CBCT est excellente mais peu différente de celle de la radiographie panoramique. Sur un échantillon plus faible et insuffisant, Hendriks et al. (2010) arrive à un résultat différent.

Comme pour les carcinomes buccaux, l'étude des tissus mous faisant partie des pré-requis radiologiques, le panel d'experts conclut que le scanner X multispiralé ou l'IRM restent les examens à effectuer en première intention. Le CBCT n'est envisagé que si ces examens ne peuvent ni confirmer ni réfuter l'envahissement osseux et lorsque la confirmation de l'envahissement osseux modifie le plan de traitement.

Simon et al. (2006) considèrent que le CBCT peut être utilisé pour le diagnostic différentiel entre un kyste et un granulome péri-apical ; ils affirment que le CBCT est plus précis que la biopsie et l'examen histopathologique. L'analyse de ces données par le panel montre que le CBCT a une forte sensibilité pour le diagnostic du kyste mais une faible spécificité entraînant une surestimation du nombre de kyste. Pour Rosenberg et al. (2010), le CBCT est peu précis pour le diagnostic différentiel entre un kyste et un granulome péri-apical et ils concluent que le CBCT n'est pas une méthode fiable dans cette indication.

Pour les pathologies osseuses en général, le panel d'experts propose que le choix de l'examen radiologique soit laissé au praticien qui opère le patient (par opposition au praticien référent).

#### **C.4. Traumatologie faciale**

S'il y a une indication pour un examen d'imagerie sectionnelle dans les fractures maxillo-faciales, le CBCT constitue une alternative au scanner X car l'exploration des tissus mous n'est pas nécessaire et la dose de radiations reçue par le patient est plus faible.

#### **C.5. Références**

Al-Ekrish AA, Ekram M. A comparative study of the accuracy and reliability of multidetector computed tomography and cone beam computed tomography in the assessment of the dental implant site dimensions. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40:67-75.

Alexiou KE, Stamatakis HC, Tsiklakis K. Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:141-47.

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* 2010a;39:343-8.

Alkhader M, Ohbayashi N, Tetsumura A, Nakamura S, Okochi K, Momin MA, Kurabayashi T. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint and its correlation with cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2010b;39:270-76.

Almog DM, Lamar J, Lamar FR, Lamar F. Cone beam computerized tomography-based dental imaging for implant planning and surgical guidance. Part 1: Single implant in the mandibular molar region. *J Oral Implantol* 2006;32:77-81.

Angelopoulos C, Thomas SL, Hechler S, Parissis N, Hlavacek M. 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;66:2130-5.

Araki M, Hashimoto K, Kawashima S, Matsumoto K, Akiyama Y. Radiographic features of enostosis determined with limited cone-beam computed tomography in comparison with rotational panoramic radiography. *Oral Radiol* 2006;22:27-33.

Araki M, Kameoka S, Mastumoto N, Komiyama K. Usefulness of cone beam computed tomography for odontogenic myxoma. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:423-7.

Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, Yamada JM, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites. 2: Quantitative cone-beam computerized tomography *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:416-24.

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.

Balasundaram A, Geist JR, Gordon SC, Klasser GD. Radiographic diagnosis of synovial chondromatosis of the temporomandibular joint: a case report. *J Can Dent Assoc* 2009;75:711-4.

Barghan S, Merrill R, Tetradis S. Cone beam computed tomography imaging in the evaluation of the temporomandibular joint. *J Calif Dent Assoc* 2010;38:33-9.

Barone A, Covani U, Cornelini R, Gherlone E. Radiographic bone density around immediately loaded oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:610-5.

Barragan-Adjemian C, Lausten L, Ang DB, Johnson M, Katz J, Bonewald LF. Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw: model and diagnosis with cone beam computed tomography. *Cells Tissues Organs* 2009;189:284-8.

Blake FAS, Blessmann M, Pohlenz P, Heiland M. A new imaging modality for intraoperative evaluation of sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:183-5.

Boeddinghaus R, Whyte A. Current concepts in maxillofacial imaging. *Eur J Radiol* 2008;66:396-418.

Bousquet F, Joyard M. Surgical navigation for implant placement using transtomography. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:724-30.

Bremke M, Wiegand S, Sesterhenn AM, Eken M, Bien S, Werner JA. Digital volume tomography in the diagnosis of nasal bone fractures. *Rhinology* 2009;47:126-31.

Caloss R, Atkins K, Stella JP. Three-dimensional imaging for virtual assessment and treatment simulation in orthognathic surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2007;19:287-309.

Cevidanes LHS, Bailey LJ, Tucker GR, Styner MA, Mol A, Phillips CL, Proffit WR, Turvey T. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients. *Dentomaxillofac Radiol* 2005;34:369-75.

Chen L-C, Lundgren T, Hallstrom H, ChereL F. Comparison of different methods of assessing alveolar ridge dimensions prior to dental implant placement. *J Periodontol* 2008;79:401-5.

Closmann JJ, Schmidt BL. The use of cone beam computed tomography as an aid in evaluating and treatment planning for mandibular cancer. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:766-71.

Danforth RA, Peck J, Hall P. Cone beam volume tomography: an imaging option for diagnosis of complex mandibular third molar anatomical relationships. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:847-52.

De Oliveira RCG, Leles CR, Normanha LM, Lindh C, Ribeiro-Rotta RF. Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:231-8.

Drage NA, Sivarajasingam V. The use of cone beam computed tomography in the management of isolated orbital floor fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2008;47:65-6.

Edwards SP. Computer-assisted craniomaxillofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2010;22:117-34.

Eggers G, Welzel T, Mukhamadiev D, Wortche R, Hassfeld S, Muhling J. X-ray-based volumetric imaging of foreign bodies: a comparison of computed tomography and digital volume tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:1880-5.

Enciso R, Memon A, Mah J. Three-dimensional visualization of the craniofacial patient: volume segmentation, data integration and animation. *Orthod Craniofac Res* 2003;6 (Suppl 1):66-71 ; discussion 179-82.

Fan L-F, Pan X-G, Pu Y-P, Lai H-C. Diagnostic value of dental implants in the posterior maxilla using cone beam computed tomography. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2008;17:548-51.

Farronato G, Garagiola U, Carletti V, Cressoni P, Mercatali L, Farronato D. Change in condylar and mandibular morphology in juvenile idiopathic arthritis: cone beam volumetric imaging. *Minerva Stomatol* 2010;59:519-34.

Flygare L, Ohman A. Preoperative imaging procedures for lower wisdom teeth removal. *Clin Oral Investig* 2008;12:291-302.

Fortin T, Bosson JL, Coudert JL, Isidori M. Reliability of preoperative planning of an image-guided system for oral implant placement based on 3-dimensional images: an in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:886-93.

Fortin T, Champleboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert J-L. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:651-6.

Friedland B, Donoff B, Dodson TB. The use of 3-dimensional reconstructions to evaluate the anatomic relationship of the mandibular canal and impacted mandibular third molars. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1678-85.

Fullmer JM, Scarfe WC, Kushner GM, Alpert B, Farman AG. Cone beam computed tomographic findings in refractory chronic suppurative osteomyelitis of the mandible. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45:364-71.

Ganz SD. Conventional CT and cone beam CT for improved dental diagnostics and implant planning. *Dent Implantol Update* 2005;16:89-95.

Ganz SD. Techniques for the use of CT imaging for the fabrication of surgical guides. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2006;14:75-97.

Ganz SD. Computer-aided design/computer-aided manufacturing applications using CT and cone beam CT scanning technology. *Dent Clin North Am* 2008;52:777-808.

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. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2010;29:256-8.

Garg AK. Dental implant imaging: TeraRecon's dental 3D cone beam computed tomography system. *Dent Implantol Update* 2007;18:41-5.

Ghaemina H, Meijer GJ, Soehardi A, Borstlap WA, Mulder J, Bergé SJ. 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;38:964-71.

Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig* 2006;10:1-7.

Guerrero ME, Shahbazian M, Elsiens Bekkering G, Nackaerts O, Jacobs R, Horner K. The diagnostic efficacy of cone beam CT for impacted teeth and associated features: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2011;38:208-16.

Guttenberg SA. Oral and maxillofacial pathology in three dimensions. *Dent Clin North Am* 2008;52:843-73.

Harokopakis-Hajishengallis E, Tiwana P. Odontogenic myxoma in the pediatric patient: a literature review and case report. *Pediatr Dent* 2007;29:409-14.

Harris D, Buser D, Dula K, Gröndahl K, Jacobs R, Lekholm U, Nakielny R, van Steenberghe D, van der Stelt P. EAO guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:566-70.

Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone beam CT for pre-surgical assessment of implant sites. *J Calif Dent Assoc* 2003;31:825-33.

Heiland M, Schmelzle R, Hebecker A, Schulze D. Intraoperative 3D imaging of the facial skeleton using the SIREMOBIL Iso-C3D. *Dentomaxillofac Radiol* 2004a;33:130-2.

Heiland M, Schulze D, Blake F, Schmelzle R. Intraoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using a 3D C-arm system. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:369-75.

Heiland M, Schulze D, Rother U, Schmelzle R. Postoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using digital volume tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2004b;62:1387-91.

Hendriks 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;39:436-9.

Heurich T, Ziegler C, Steveling H, Wortche R, Muhling J, Hassfeld S. Digital volume tomography--an extension to the diagnostic procedures available for application before surgical removal of third molars. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2002;6:427-32.

Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2005;128:803-11.

Hintze H, Wiese M, Wenzel A. Cone beam CT and conventional tomography for the detection of morphological temporomandibular joint changes. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:192-7.

Hoffman GR, Islam S. The difficult Le Fort I osteotomy and downfracture: a review with consideration given to an atypical maxillary morphology. *J Plas Reconstr Aesthet Surg* 2008;61:1029-33.

Honda K, Bjornland T. Image-guided puncture technique for the superior temporomandibular joint space: value of cone beam computed tomography (CBCT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102:281-6.

Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:152-7.

Honda K, Matsumoto K, Kashima M, Takano Y, Kawashima S, Arai Y. Single air contrast arthrography for temporomandibular joint disorder using limited cone beam computed tomography for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:271-3.

Honey OB, Scarfe WC, Hilgers MJ, Klueber K, Silveira AM, Haskell BS, Farman AG. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2007;132:429-38.

Huntjens E, Kiss G, Wouters C, Carels C. Condylar asymmetry in children with juvenile idiopathic arthritis assessed by cone-beam computed tomography. *Eur J Orthod*. 2008;30:545-51.

Hussain AM, Packota G, Major PW, Flores-Mir C. Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:63-71.

Ikeda K, Kawaramura A. Assessment of optimal condylar position with limited cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009;135:495-501.

Kamel SG, Kau CH, Wong ME, Kennedy JW, English JD. The role of cone beam CT in the evaluation and management of a family with Gardner's syndrome. *J Craniomaxillofac Surg* 2009;37:461-8.

Kijima N, Honda K, Kuroki Y, Sakabe J, Ejima K, Nakajima I. Relationship between patient characteristics, mandibular head morphology and thickness of the roof of the glenoid fossa in symptomatic temporomandibular joints. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:277-81.

Krisjane Z, Urtane I, Krumina G, Bieza A, Zepa K, Rogovska I. Condylar and mandibular morphological criteria in the 2D and 3D MSCT imaging for patients with Class II division 1 subdivision malocclusion. *Stomatologija* 2007;9:67-71.

Kumar V, Pass B, Guttenberg SA, Ludlow J, Emery RW, Tyndall DA, Padilla RJ. Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws: a report of three cases demonstrating variability in outcomes and morbidity. *J Am Dent Assoc* 2007;138:602-9.

Lagravère MO, Carey J, Ben-Zvi M, Packota GV, Major PW. Effect of object location on the density measurement and Hounsfield conversion in a NewTom 3G cone beam computed tomography unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:305-8.

Lagravère MO, Fang Y, Carey J, Toogood RW, Packota GV, Major PW. Density conversion factor determined using a cone-beam computed tomography unit NewTom QE-DVT 9000. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:407-9.

Lee S, Gantes B, Riggs M, Crigger M. Bone density assessments of dental implant sites. 3: Bone quality evaluation during osteotomy and implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:208-12.

Lewis EL, Dolwick MF, Abramowicz S, Reeder SL. Contemporary imaging of the temporomandibular joint. *Dent Clin North Am* 2008;52:875-90.

Lloyd TE, Drage NA, Cronin AJ. The role of cone beam computed tomography in the management of unfavourable fractures following sagittal split mandibular osteotomy. *J Orthod* 2011;38:48-54.

Lou L, Lagravère MO, Compton S, Major PW, Flores-Mir C. Accuracy of measurements and reliability of landmark identification with computed tomography (CT) techniques in the maxillofacial area: a systematic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:402-11.

Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. Comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:446-54.

Lübbbers HT, Matthews F, Damerau G, Kruse AL, Obwegeser JA, Grätz KW, Eyrich GK. Anatomy of impacted lower third molars evaluated by computerized tomography: is there an indication for 3-dimensional imaging? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010 Oct 15. [Epub ahead of print].

Mah P, Reeves TE, McDavid WD. Deriving Hounsfield units using grey levels in cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39:323-35.

Makris N, Stamatakis H, Syriopoulos K, Tsiklakis K, van der Stelt PF. Evaluation of the visibility and the course of the mandibular incisive canal and the lingual foramen using cone-beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:766-71.

Marques AP, Perrella A, Arita ES, Pereira MF, Cavalcanti MG. Assessment of simulated mandibular condyle bone lesions by cone beam computed tomography. *Braz Oral Res* 2010;24:467-74.

Meng J-H, Zhang W-L, Liu D-G, Zhao Y-P, Ma X-C. Diagnostic evaluation of the temporomandibular joint osteoarthritis using cone beam computed tomography compared with conventional radiographic technology. *Beijing da Xue Xue Bao* 2007;39:26-9.

Mengel R, Kruse B, Flores-de-Jacoby L. Digital volume tomography in the diagnosis of peri-implant defects: an in vitro study on native pig mandibles. *J Periodontol* 2006;77:1234-41.

Metzger MC, Hohlweg-Majert B, Schwarz U, Teschner M, Hammer B, Schmelzeisen R. Manufacturing splints for orthognathic surgery using a three-dimensional printer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:e1-7.

Momin MA, Okochi K, Watanabe H, Imaizumi A, Omura K, Amagasa T, Okada N, Ohbayashi N, Kurabayashi T. 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.

Moore WS. Cone beam CT: a new tool for esthetic implant planning. *Texas Dent J* 2005;122:334-40.

Nackaerts O, Maes F, Yan H, Couto Souza P, Pauwels R, Jacobs R. Analysis of intensity variability in multislice and cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res* 2011 Jan 18. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02076.x. [Epub ahead of print].

Naitoh M, Nakahara K, Suenaga Y, Gotoh K, Kondo S, Ariji E. Comparison between cone-beam and multislice computed tomography depicting mandibular neurovascular canal structures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:e25-31.

Nakagawa Y, Ishii H, Nomura Y, Watanabe NY, Hoshiba D, Kobayashi K, Ishibashi K. Third molar position: reliability of panoramic radiography. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:1303-8.

Nakagawa Y, Kobayashi K, Ishii H, Mishima A, Ishii H, Asada K, Ishibashi K. Preoperative application of limited cone beam computerized tomography as an assessment tool before minor oral surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:322-6.

Nakayama K, Nonoyama M, Takaki Y, Kagawa T, Yuasa K, Izumi K, Ozeki S, Ikebe T. Assessment of the relationship between impacted mandibular third molars and inferior alveolar nerve with dental 3-dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2587-91.

Neugebauer J, Shirani R, Mischkowski RA, Ritter L, Scheer M, Keeve E, Zoller JE. 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;105:633-42 ; discussion 643.

Nickenig H-J, Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *J Craniomaxillofac Surg* 2007;35:207-11.

Nickenig H-J, Eitner S. An alternative method to match planned and achieved positions of implants after virtual planning using cone-beam CT data and surgical guide templates. A method reducing patient radiation exposure (part 1). *Craniomaxillofac Surg* 2010;38:436-40.

Nomura Y, Watanabe H, Honda E, Kurabayashi T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:558-62.

Peck JN, Conte GJ. Radiologic techniques using CBCT and 3-D treatment planning for implant placement. *J Calif Dent Assoc* 2008;36:287-90.

Petersson A. What you can and cannot see in TMJ imaging – an overview related to the RDC/TMD diagnostic system. *J Oral Rehabil* 2010;37:771-8.

Pires CA, Bissada NF, Becker JJ, Kanawati A, Landers MA. Mandibular incisive canal: cone beam computed tomography. *Clin Implant Dent Relat Res* 2009 Aug 6. [Epub ahead of print].

Pohlenz P, Blessmann M, Blake F, Gbara A, Schmelzle R, Heiland M. Major mandibular surgical procedures as an indication for intraoperative imaging. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:324-9.

Pohlenz P, Blessmann M, Blake F, Heinrich S, Schmelzle R, Heiland M. Clinical indications and perspectives for intraoperative cone-beam computed tomography in oral and maxillofacial surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:412-7.

Popat H, Richmond S, Drage NA. New developments in: three-dimensional planning for orthognathic surgery. *J Orthod* 2010;37:62-71.

Quereshy FA, Savell TA, Palomo JM. Applications of cone beam computed tomography in the practice of oral and maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:791-6.

Razavi T, Palmer RM, Davies J, Wilson R, Palmer PJ. Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clin Oral Impl Res* 2010;21:718-25.

Rodrigues CD, Estrela C. Traumatic bone cyst suggestive of large apical periodontitis. *J Endod* 2008;34:484-9.

Rood JP, Shehab BA. The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990;28:20-5.

Rosenberg PA, Frisbie J, Lee J, Lee K, Frommer H, Kottal S, Phelan J, Lin L, Fisch G. Evaluation of pathologists (histopathology) and radiologists (cone beam computed tomography) differentiating radicular cysts from granulomas. *J Endod* 2010;36:423-8.

Rozylo-Kalinowska I, Rozylo TK. Imaging diagnostic approach to tumours of ramus and angle of the mandible. *Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska – Sectio d – Medicina* 2001;56:103-10.

Sakabe R, Sakabe J, Kuroki Y, Nakajima I, Kijima N, Honda K. Evaluation of temporomandibular disorders in children using limited cone-beam computed tomography: a case report. *J Clin Pediatr Dent* 2006;31:14-6.

Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:571-7.

Sato S, Arai Y, Shinoda K, Ito K. Clinical application of a new cone-beam computerized tomography system to assess multiple two-dimensional images for the preoperative treatment planning of maxillary implants: case reports. *Quintessence Int* 2004;35:525-8.

Scarfe WC. Imaging of maxillofacial trauma: evolutions and emerging revolutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:S75-96.

Scherer P, Mischkowski RA, Seifert H, Ortmann M, Neugebauer J, Scheer M, Zoller JE. Solitary hydatid cyst in the mandible: case report and review of the literature. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1731-6.



Schoen R, Fakler O, Metzger MC, Weyer N, Scmelzeisen R. Preliminary functional results of endoscope-assisted transoral treatment of displaced bilateral condylar mandible fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:111-6.

Schulze D. Radiographic diagnostics: keratocyst of the left mandible. *Quintessence Int* 2009;40:86.

Schulze D, Blessmann M, Pohlenz P, Wagner KW, Heiland M. Diagnostic criteria for the detection of mandibular osteomyelitis using cone-beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:232-5.

Shintaku WH, Venturin JS, Azevedo B, Noujeim M. Applications of cone-beam computed tomography in fractures of the maxillofacial complex. *Dent Traumatol* 2009;25:358-66.

Simon JHS, Enciso R, Malfaz J-M, Roges R, Bailey-Perry M, Patel A. Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod* 2006;32:833-7.

Sirin Y, Guven K, Horasan S, Sencan S. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and conventional multislice spiral tomography in sheep mandibular condyle fractures. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010;39:336-42.

Smith MH, Brooks SL, Eldevik OP, Helman JI. Anterior mandibular lingual salivary gland defect: a report of a case diagnosed with cone-beam computed tomography and magnetic resonance imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:e71-8.

Song YD, Jun SH, Kwon JJ. Correlation between bone quality evaluated by cone-beam computerized tomography and implant primary stability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:59-64.

Stuehmer C, Essig H, Bormann KH, Majdani O, Gellrich NC, Rucker M. Cone beam CT imaging of airgun injuries to the craniomaxillofacial region. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008;37:903-6.

Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:10-7.

Suomalainen A, Ventä I, Mattila M, Turtola L, Vehmas T, Peltola JS. Reliability of CBCT and other radiographic methods in preoperative evaluation of lower third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:276-84.

Swennen GRJ, Mommaerts MY, Abeloos J, De Clercq C, Lamoral P, Neyt N, Casselman J, Schutyser F. A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:48-57.

Tantanapornkul W, Okochi K, Bhakdinaronk A, Ohbayashi N, Kurabayashi T. Correlation of darkening of impacted mandibular third molar root on digital panoramic images with cone beam computed tomography findings. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:11-6.

Tantanapornkul W, Okouchi K, Fujiwara Y, Yamashiro M, Maruoka Y, Ohbayashi N, Kurabayashi T. A comparative study of cone-beam computed tomography and conventional panoramic radiography in assessing the topographic relationship between the mandibular canal and impacted third molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:253-9.

Tsiklakis K, Syriopoulos K, Stamatakis HC. Radiographic examination of the temporomandibular joint using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:196-201.

Uchida Y, Noguchi N, Goto M, Yamashita Y, Hanihara T, Takamori H, Sato I, Kawai T, Yosue T. Measurement of anterior loop length for the mandibular canal and diameter of the mandibular incisive canal to avoid nerve damage when installing endosseous implants in the interforaminal region: a second attempt introducing cone beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:744-50.

van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol* 2007;34:816-21.

van Assche N, van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism. *J Clin Periodontol* 2010;37:398-403.

van Steenberghe D, Malevez C, van Cleynenbreugel J, BouSerhal C, Dhoore E, Schutyser F, Suetens P, Jacobs R. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:131-6.

Yamada T, Ishihama K, Yasuda K, Hasumi-Nakayama Y, Ito K, Yamaoka M, Furusawa K. Inferior alveolar nerve canal and branches detected with dental cone beam computed tomography in lower third molar region. *J Oral Maxillofac Surg* 2011 Jan 20. [Epub ahead of print].

Zhao Y-P, Ma X-C, Fu K-Y, Song X-X. Temporomandibular joint disc displacement: diagnosis by arthrography with dental volumetric computerized tomography. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2003;38:321-3.

Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:126-30.

Zizelmann C, Gellrich NC, Metzger MC, Schoen R, Schmelzeisen R, Schramm A. Computer-assisted reconstruction of orbital floor based on cone beam tomography. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45:79-80.