

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA E
IMAGINOLOGIA

Pablo Eduardo Walker Lago

**APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
FEIXE CÔNICO EM ORTODONTIA**

Porto Alegre

2010

Pablo Eduardo Walker Lago

**APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
FEIXE CÔNICO EM ORTODONTIA**

Monografia apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para a conclusão do Curso de Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luis Dias da Silveira

Porto Alegre

2010

Dedico esse trabalho a minha família por todo o apoio durante essa caminhada e a minha namorada pela ajuda e compreensão em momentos difíceis e pela parceria nos momentos felizes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concebido o dom da vida e por me dar forças para completar mais esta etapa da minha carreira profissional.

Aos meus pais por cada palavra de apoio dita e não dita durante este período, pelo amor e por ter acreditado que eu seria capaz de tal feito.

Às minhas irmãs, pelos momentos de alegria, descontração e por me fazerem compreender que o dialogo é o melhor caminho para o entendimento.

À minha namorada, pelo carinho e compreensão dedicados durante esta jornada.

Ao professor Heraldo Luis Dias da Silveira, pela ajuda na elaboração deste trabalho e pelos conhecimentos divididos durante este período.

Aos demais professores, colegas e amigos do programa de Pós-Graduação da FO/UFRGS, por terem me dado o prazer da sua convivência durante o curso e pela amizade criada que perdurará por toda a vida.

Aos mestrandos do curso de radiologia da FO/UFRGS, pela troca de experiências e fornecimento de materiais para o desenvolvimento deste trabalho.

O degrau de uma escada não serve simplesmente para que alguém permaneça em cima dele, destina-se a sustentar o pé de um homem pelo tempo suficiente para que ele coloque o outro um pouco mais alto.

(Thomas Huxley)

RESUMO

Imagens radiográficas constituem uma das principais bases de dados que orientam o plano de tratamento em ortodontia. A literatura demonstra que as constantes evoluções na área da tecnologia médica permitiram o surgimento de novos equipamentos que possibilitam a avaliação tridimensional do corpo humano e entre estes estão os de tomografia computadorizada. Ao final da década de noventa, o surgimento de um tomógrafo específico para a região bucomaxilofacial tornou viável o uso desta tecnologia na odontologia, pois apresenta imagens de ótima qualidade com uma baixa dose radiação para o paciente e baixo custo do exame em comparação à tomografia computadorizada médica. Tendo em vista a importância da imagiologia bucomaxilofacial para diagnóstico e planejamento na odontologia, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre o uso da tomografia computadorizada de feixe cônico na área da ortodontia.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada de feixe cônico. Tomografia computadorizada. Ortodontia.

ABSTRACT

Radiographic images are a major databases that guide orthodontic treatment plans. The literature shows that the constant evolutions on the medical technological science has allowed the emergence of new equipments that contributes to the evaluation of human body with three-dimensional images and among these are the computed tomography. At the end of nineties, the emergence of a specific tomography to the bucomaxillofacial region has made this technology useful, because it presents high quality of images with lower radiation dose as well as lower cost in comparison to medical computed tomography. Considering the importance of bucomaxilofacial imaginology to the diagnostic and planning in dentistry, the purpose of this study was to make a literature review about cone beam computed tomography, more specifically in the orthodontics.

Key-words: Computed tomography cone beam.Computed tomography.Orthodontics.

LISTA DE ABREVIATURAS

2D - Bidimensional

3D - Tridimensional

ALARA - As Low As Reasonably Achievable

CCD – *Charge Coupled Device* ou Dispositivo de Carga Acoplada

DICOM - Digital Communication in Medicine

ELSA - Ponto médio entre os centros geométricos dos forames espinhosos

FBP - Filtered Back – Projection ou retro-projeção filtrada

FOV - *Field Of View* ou *campo de visão*

KVp - Quilovoltagem

lSLEAM - Borda lateral superior esquerda do meato acústico externo

mAs - Miliamperagem

MDFM – Dorso médio do forame magno

MRI – Ressonância magnética

RMP – Reconstrução multiplanar

rSLEAM - Borda lateral superior direita do meato acústico externo

TC – Tomografia computadorizada

TCFC – Tomografia computadorizada de feixe cônico

TLDs - Dosímetros termoluminescentes

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Evolução dos exames por imagem	10
2.2 Tomografia computadorizada	11
2.3 Tomografia computadorizada de feixe cônico	12
2.4 Aplicações de TCFC na ortodontia.....	16
2.4.1 Cefalometria	16
2.4.2 Avaliação de caninos impactados	17
2.4.3 Avaliação das Posições dentárias	18
2.4.4 Reabsorção radicular	19
2.4.5 Avaliação das vias aéreas	20
2.4.6 Mini implantes	21
2.4.7 Maturação esquelética	22
2.4.8 Expansão maxilar	22
2.4.9 Avaliação da ATM	23
3 DISCUSSÃO	24
4 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o diagnóstico e o planejamento ortodôntico têm sido realizados através do uso de imagens, sejam elas obtidas de radiografias, fotografias ou impressão de modelos das arcadas dentárias.

O objetivo do uso destes exames é avaliar o complexo craniofacial que é composto por estruturas dentárias, esqueléticas e dos tecidos moles e a inter-relação entre os mesmos.

Estas modalidades de exames nos oferecem imagens bidimensionais de estruturas tridimensionais e, devido a isso, apresentam limitações inerentes às técnicas. Fazendo assim com que o profissional tenha que reconstruir mentalmente a anatomia do paciente.

As constantes revoluções na área da tecnologia médica permitiram o surgimento de novos equipamentos que permitem a avaliação tridimensional do corpo humano, entres estes estão os aparelhos de tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultrassonografia.

Ao final da década de noventa, o surgimento de um tomógrafo específico para a região bucomaxilofacial, o de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), abriu as portas para um novo método de imagem para aplicação nos pacientes odontológicos.

Tendo em vista os dados citados acima, este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão de literatura sobre a aplicação de TCFC na ortodontia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Evolução dos exames por imagem

O diagnóstico por imagem na ortodontia tem se baseado durante muitos anos em radiografias panorâmicas, periapicais, telerradiografias, carpais e oclusais. Estes exames fornecem imagens bidimensionais de estruturas tridimensionais e têm sido usados para estabelecer o diagnóstico e o plano de tratamento de pacientes ortodônticos (HECHLER, 2008).

Durante o tratamento os dentes sofrem forças que os movimentam nos três planos do espaço: transversal, sagital e vertical. Sendo assim, o ortodontista não possui um real conhecimento da anatomia do paciente para determinar o melhor vetor de forças para alcançar o correto posicionamento dos elementos dentários (HECHLER, 2008).

Desde o desenvolvimento da radiografia cefalométrica, em 1931, por Broadbent, nos Estados Unidos e por Hofrath, na Alemanha (HECHLER, 2008) esta tem sido diariamente utilizada por ortodontistas para auxiliar no diagnóstico e na elaboração de tratamento de seus pacientes por meio de análises das dimensões lineares e angulares, obtidas a partir da marcação de pontos anatômicos.

O desenvolvimento da radiografia panorâmica se deu a partir de 1940 com o Dr. Yrjo Veli Paatero, da Finlândia e com o Dr. H. Numata, do Japão (LANGLAND, 1989). A radiografia panorâmica foi difundida na década de 60 e foi amplamente utilizada na década de 70 e 80 (SCARFE; FARMAN, 2008).

Esta técnica é muito utilizada na odontologia, pois apresenta ampla visão dos ossos faciais e dentes, baixa dose de radiação ao paciente, menor desconforto e tempo de realização do exame (WHITE; PHAROAH, 2008). Apesar do avanço da radiologia digital, com o surgimento de novos equipamentos e imagens adequadas para diagnóstico, este exame pode apresentar erros inerentes ao posicionamento dos pacientes, variações de dentes e arcos dentários (HECHLER, 2008).

Modalidades de imagem dentomaxilofacias normalmente usadas, como a radiografia periapical, radiografia panorâmica e tomografia linear, produzem apenas imagens bidimensionais e, devido a isso, apresentam limitações, tais como: ampliação, distorção, superposição e declaração de falsas estruturas (SCARFE, FARMAN, 2008; SUKOVIC, 2003).

A tomografia linear consiste de uma técnica que emprega um aparelho de raios X convencional, o qual possui uma haste que possibilita sua movimentação nas direções longitudinal, oblíqua e antero-posterior de acordo com o posicionamento do paciente na mesa. O tubo move-se simultaneamente e em sentido oposto ao filme; deste modo a imagem fica desfocada devido à movimentação. O único plano que aparece focado é o chamado *fulcrum* ou plano de corte, a imagem focada destaca-se das demais realçando os detalhes anatômicos no plano selecionado (BIOSSEGURANÇA HOSPITALAR, 2007).

As constantes evoluções tecnológicas na área da radiologia e da informática permitiram o surgimento de novas técnicas de imagem como a tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética (MRI) e a ultrassonografia, que proporcionam aos seus examinadores uma visualização de estruturas de maneira mais clara, eliminando as limitações de exames bidimensionais.

2.2 Tomografia computadorizada

A tomografia computadorizada foi criada na década de 70, pelo físico inglês Hounsfield, juntamente com o físico norte americano Comark, lhes sendo concedido em 1979 o prêmio Nobel de Medicina. Esta técnica permite a obtenção de imagens em seções de um tecido de determinada região do corpo. A TC difere-se da tomografia linear, pois se trata de uma aquisição volumétrica, obtendo-se assim, imagens tridimensionais, eliminando desta maneira a sobreposição de estruturas anatômicas, bem como diferenciação de tecidos moles de estruturas ósseas (CAVALCANTI, SALES, 2008; MAKI *et al.*, 2003).

A Tomografia computadorizada foi introduzida na prática médica no ano de 1971, e a sua aplicação na odontologia, devido a elevados níveis de radiação e os custos dos exames, tem se limitado a pacientes especiais (LOUBELE *et al.*, 2008).

O aparelho de tomografia computadorizada tradicional apresenta três componentes principais; o gantry, no interior do qual se localizam o tubo de raios-x e um anel de detectores de radiação, constituído por cristais de cintilação; a mesa, que acomoda o paciente deitado e que, durante o exame, movimenta-se em direção ao interior do gantry e o computador, que reconstrói a imagem tomográfica a partir das informações adquiridas no gantry. Durante o exame, no interior do gantry, o tubo de raios-x gira dentro do anel estacionário de receptores. Os sinais recebidos pelos detectores dependem da absorção dos tecidos atravessados pelo feixe radiográfico e são registrados e processados matematicamente no computador (GARIB, 2007).

A tomografia computadorizada pode ser dividida em duas categorias, com base na geometria de aquisição dos feixes de raios X: a de feixe em leque e a de feixe cônico (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006).

Algumas limitações são apresentadas pela TC multislice ou a de feixe em leque, pois estes sistemas não foram desenvolvidos especialmente para a odontologia. Entre as limitações estão o alto custo, o grande espaço físico do equipamento e a grande quantidade de radiação envolvida (NAKAJIMA *et al.*, 2005).

Em ortodontia, a exposição à radiação para o paciente foi parcialmente responsável em limitar o uso da TC espiral para diagnóstico e informações especializadas de problemas do complexo craniofacial (KAU *et al.*, 2005).

2.3 Tomografia computadorizada de feixe cônico

Ao final da década de noventa Mozzo *et al.* (1998, p. 1558), da Universidade de Verona, Itália, apresentaram os resultados preliminares de um “novo aparelho de TC volumétrica para imagens odontológicas, baseado na técnica do feixe em forma de cone (cone-beam technique)” batizado como NewTom-9000, reportaram alta acurácia das imagens, assim como, uma dose de radiação equivalente a 1/6 da liberada pela TC tradicional. Previamente, a técnica do feixe cônico já era utilizada para propósitos distintos: radioterapia, imagiologia vascular e microtomografia de pequenos espécimes com aplicabilidade biomédica ou industrial (MOZZO *et al.*, 1998).

O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) abriu o caminho para o desenvolvimento de equipamentos relativamente pequenos e baratos de TC, ideal para varredura da região de cabeça e pescoço, em aplicações dentomaxilofaciais e acessíveis para serem instalados em consultórios. Entre estes estão: 3D Accuitomo FPD XYZ Slice View Tomógrafo (J. Morita E.U.A., Irvine, Califórnia), 3D X-ray CT scanner Alphard Series (Asahi, Kyoto, Japão), Quolis Alphard Alphard-3030-Cone-Beam (Belmont Equipamentos, Somerset, N.J.), CB MercuRay (Hitachi Medical Systems America, Twinsburg, Ohio), Galileos 3D (Sirona Dental Systems, Charlotte, N.C.), i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pensilvânia), Iluma Ultra Cone Beam CT Scanner (Carestream, Rochester, N.Y.), Newtom 3G e VG (AFP Imaging, Elmsford, N.Y.), Picasso (E-woo Tecnologia, Houston), PreXion 3D (TeraRecon, San Mateo, Califórnia), Promax 3D (Planmeca E.U.A., Roselle, Illinois) e Scanora 3D (Soredex, Tuusula, Finlândia). Além disso,

alguns sistemas panorâmicos radiográficos digitais incluem a tecnologia TCFC (KAU *et al.*, 2005; HOWEVERTON, MORA, 2008).

O TCFC tem várias vantagens em comparação com a TC convencional: menor tempo de varredura, uma menor dose de exposição e um menor nível de artefatos de metal (SCARFE; FARMAN; SUKOVIC, 2006).

Sanders *et al.* (2007), afirmam que mesmo produzindo menos artefatos que a TC convencional, aparatos ortodônticos como brackets, tanto metálicos como não metálicos, produzem sim artefatos que podem interferir na produção e na interpretação de imagens geradas pelo tomógrafo de feixe cônico.

Há uma série de fatores que interferem na dose de radiação produzida por um sistema TCFC: os parâmetros de imagem utilizada (kVp, mAs); feixe pulsado versus feixe contínuo; montante, tipo e forma do filtro de feixes; faixa de rotação de 360 ° versus menor rotação e limitado versus completo campo de visão (BROOKS, 2009).

A diferença entre exames tomográficos computadorizados e radiografias convencionais é que os raios X são detectados por outro meio ao contrário dos filmes e a imagem é armazenada digitalmente em um computador sem processamento químico. Uma imagem digital é composta de elementos de imagem (pixels). Um pixel é o menor elemento de uma imagem digitalizada. Cada pixel possui um determinado tamanho, cor, valor de intensidade e localização dentro da imagem.

Durante a aquisição da imagem, a fonte de raios X e um sensor de raios-x alternativo giram em torno da cabeça do paciente e adquirem cerca de 150 a 600 imagens em uma parcial ou completa rotação ao redor do fulcro fixo, dentro do centro da região de interesse (SCARFE, FARMAN, 2008; HATCHER, ABOUDARA, 2004).

Jaffray e Siewerdsen (2000) concluíram em seus estudos que a TCFC oferece duas características importantes que aliadas reduzem seu custo em comparação com o tomógrafo convencional. Primeiro, a natureza de feixe cônico da aquisição não exige um mecanismo adicional para mover o paciente durante a aquisição. Em segundo lugar, a utilização de um feixe cônico, em oposição a um feixe em leque, que significativamente aumenta a utilização de raios-x.

O objeto a ser avaliado é capturado pela fonte de radiação e cai sobre um detector plano 2D, normalmente um painel de silício amorfo ou, às vezes, um intensificador de imagem / detector CCD. Esta diferença simples permite uma única rotação da fonte de radiação para capturar toda uma região de interesse; isto em relação aos dispositivos convencionais de TC, onde várias fatias são empilhadas para obter uma imagem completa, o

feixe cônico aumenta significativamente a utilização de raios-x e reduz a capacidade dos tubos de raios-x necessários para digitalização volumétrica (KAU *et al.*, 2005).

Os sinais recebidos pelos detectores dependem da absorção dos tecidos atravessados pelos raios-x, sendo assim, os receptores registram uma série de valores de atenuação dos mesmos. Estes múltiplos coeficientes de atenuação são submetidos a complexos cálculos matemáticos pelo princípio da matriz (GARIB *et al.*, 2007).

Utilizando uma matriz de detectores, é possível reconstruir vários cortes de objetos em uma única varredura. Devido à geometria cônica dos feixes de raios x, a radiação atenuada pelo objeto a ser reconstruído, atinge todo detector (ARAÚJO, 2008).

O algoritmo mais utilizado na TC é o da retro-projeção filtrada (FBP- Filtered Back – Projection) que é dividido em duas etapas: a primeira se encarrega de filtrar as projeções e a segunda realiza a retro-projeção da projeção filtrada sobre toda a imagem, formando a imagem da secção transversal dos objetos (ARAÚJO, 2008).

Na imagem tridimensional o voxel é o menor elemento da imagem. Este pode ser entendido como a matriz em 3D ou o volume de pixels, cada qual com sua altura, largura e espessura (HATCHER; ABOUDARA, 2004). Em TC convencional os voxels são anisotrópicos, nas TCFC as resoluções possuem voxels isotrópicos - igual em todas as três dimensões, produzindo uma resolução submilimetricamente de 0,4-0,125 mm, o que permite uma resolução mais acurada (NAKAJIMA *et al.*, 2005).

O FOV (campo de visão) é determinado pela área de interesse a ser analisada e é dependente do tamanho do detector, geometria de projeção do feixe e colimação, quando disponível. O tamanho médio do FOV para exames do complexo facial é de 14cm (FARMAN, SCARFE, 2009; CAVALCANTI, SALES, 2008).

A reconstrução de dados de TCFC é realizada de forma simples utilizando um computador pessoal. Como os dados originais são isotrópicos, eles podem ser reorientados de tal forma que as características anatômicas do paciente sejam realinhadas. Isto é particularmente importante para as análises cefalométricas (FARMAN; SCARFE, 2009).

TCFC permite a criação em "tempo real" de imagens não só no plano axial, mas também imagens bidimensionais (2D) nos planos coronal, sagital, transversal e mesmo planos oblíquos de imagem curvas - um processo designado de reconstrução multiplanar (RMP) (SCARFE, FARMAN, 2008; SUKOVIC, 2003).

Além disso, o volume total de dados pode ser exportado para um CD no formato DICOM (*Digital Communication in Medicine*) e transferidos para qualquer computador com softwares que estão disponíveis para a comunidade odontológica (HATCHER; ABOUDARA,

2004). Entre estes softwares estão o Golfinho 3D/Dolphin Imaging utilizado no diagnóstico e planejamento ortodôntico, o I-cat vision, 3DVR, entre outros.

Loubele *et al.* (2008), compararam os níveis de dose efetiva da tomografia computadorizada de feixe cônico para aplicações maxilo-faciais com os da tomografia computadorizada *multislice* (três scanners TCFC foram comparados com três scanners TC *multislice*). A dose efetiva foi calculada usando dosímetros termoluminescentes (TLDs), os valores de dose eficaz variaram de 13 a 82 Sv, para TCFC e 474-1160 Sv, para TC *multislice*. Como visto os níveis de dose para a imagem latente TCFC se manteve muito abaixo dos protocolos clínicos da TC *multislice*, e mostrou uma grande variação inter e intra-dispositivo, devido a diferenças na definição de exposições, campo de visão e resolução espacial (LOUBELE *et al.*, 2008).

A desvantagem mais importante da imagem da TCFC é a baixa resolução de contraste e capacidade limitada de visualizar os tecidos moles internos, isso devido à detecção de grandes quantidades de radiação espalhada (DE VOS, CASSELMAN, SWENNEN, 2009; SCARFE, FARMAN, 2008).

A TCFC é excelente para a imagem de tecidos duros, mas ela não tem a capacidade de mapear exatamente o músculo, estruturas e seus anexos. Estas estruturas devem ser analisadas por ressonância magnética (MRI), que não predispõe o paciente à radiação (KAU *et al.*, 2005).

Outra desvantagem da TCFC é apresentar uma área de alcance de raios X limitada em alguns aparelhos e também por apresentar uma perda de qualidade nas reconstruções 3D (CAVALCANTI; SALES, 2008).

Hoje, muitos consultórios ortodônticos estão substituindo as imagens ortodônticas tradicionais para todos os pacientes por exames obtidos de TCFC, enquanto outros estão adicionando este tipo de imagem apenas em determinados tipos de casos, como aqueles com caninos impactados ou que necessitam de cirurgia ortognática (BROOKS, 2009).

A literatura tem demonstrado que a utilização da TCFC na ortodontia tem sido cada vez maior e diversificada, como na cefalometria, na instalação de mini implantes, diagnóstico de reabsorção radicular, análise de vias aéreas, entre outros.

2.4 Aplicações de TCFC na ortodontia

2.4.1 Cefalometria

Por muitos anos, exames cefalométricos obtidos por meio de telerradiografias laterais têm sido utilizados para o diagnóstico, planejamento, avaliação e acompanhamento de tratamentos ortodônticos (FARMAN; SCARFE, 2006).

A partir do surgimento da TCFC, a cefalometria 3D tem se tornado viável, mas ainda não existe um método específico de avaliação (MOSHIRI *et al.*, 2007).

Para realizar essa tarefa, agora temos de passar pelo mesmo tipo de processo de conceituação que a ortodontia atravessou anos atrás no desenvolvimento de métodos ideais, sobrepondo cefalogramas laterais bidimensionais (BAUMRIND *et al.*, 2003).

A imagem cefalométrica bidimensional pode ser obtida de três maneiras distintas a partir do exame de TC: pelo uso do Scout (primeira imagem obtida com a TC assemelha-se à telerradiografia lateral e é utilizada para verificar o posicionamento da cabeça do paciente); pelo uso da imagem base, tomada lateralmente à cabeça do paciente, que mostra menos distorção entre lados direito e esquerdo; ou pela manipulação dos dados volumétricos, sobrepondo-se todos os cortes sagitais gerados e obtendo uma única fatia sagital mais espessa (FARMAN; SCARFE, 2006).

Sweennen e Schutyser (2006) realizaram um estudo comparando uma tomografia computadorizada convencional com uma de feixe cônico para mensurações em cefalometrias. Os autores chegaram à conclusão que é de grande valia a utilização da tomografia volumétrica, pois a mesma apresenta uma definição de imagem compatível com a tomografia computadorizada médica, porém, com baixíssima dose de radiação.

Alguns autores têm indicado que a TCFC é útil na avaliação do crescimento e desenvolvimento maxilo-faciais (MAKI *et al.*, 2003; SUKOVIC, 2003).

Vários sistemas de TCFC permitem reconstruções que são comparáveis com as tradicionais projeções cefalométricas. No entanto, a precisão de diagnóstico e a eficácia das imagens de TCFC devem ser comparadas com o as imagens cefalométricas convencionais (FARMAN; SCARFE, 2006).

Cattaneo *et al.* (2008) concluíram que não existe diferença estatística entre análises cefalométricas realizadas em cefalogramas convencionais e cefalogramas gerados de TCFC, e que estes podem ser utilizados com sucesso para realizar análises cefalométricas.

Moshiri *et al.* (2007) avaliaram a acurácia de uma série de medidas cefalométricas utilizando 23 crânios humanos secos, comparando diferentes reconstruções TCFC com telerradiografias laterais. Suas conclusões indicaram que as medidas observadas em reconstruções 2D originadas por TCFC são quase os valores reais obtidos em telerradiografias.

Em contraste com telerradiografias convencionais, os erros devido ao mau posicionamento do paciente durante a aquisição das imagens poderiam ser corrigidos em cefalogramas obtidos por TCFC e o conjunto de dados permitirá a geração de quase um infinito numero de cefalogramas (CATTANEO *et al.*, 2008).

A padronização de um registro inicial das TCFC vai permitir aos dentistas reunir informações muito mais precisas e abrangentes sobre o paciente, sendo utilizado com um instrumento útil de diagnóstico usado por ortodontistas (LAMACHINE *et al.*, 2009).

Lagravere *et al.* (2006) demonstrou em seus estudos com 10 adolescentes sem anomalias craniofaciais submetidos a exame tomográfico pela técnica de feixe cônico que os pontos ELSA (Ponto médio entre os centros geométricos dos forames espinhosos), rSLEAM (Borda lateral superior direita do meato acústico externo), lSLEAM (Borda lateral superior esquerda do meato acústico externo) e MDFM (Dorso médio do forame magno) têm alta confiabilidade quando localizados com imagens 3D.

Cevidanes, Styner e Profit (2006), descreveram algumas das aplicações das imagens 3D na ortodontia como o diagnóstico inicial, a sobreposição para avaliação do crescimento, as mudanças decorrentes do tratamento ortodôntico e a estabilidade dos resultados obtidos. As sobreposições são descritas pelos autores através de um novo software que permite a sobreposição das imagens, não mais por pontos cefalométricos e sim por voxels, permitindo assim, a visualização do resultado tanto em tratamentos ortodônticos não cirúrgicos como em orto-cirúrgicos. Através das mudanças nos gradientes de cor das áreas onde ocorrem as mudanças são visualizados os resultados ou a estabilidade dos mesmos.

Cefalometria 3D obtidas de TCFC tem uma série de vantagens potenciais sobre imagens cefalométricas obtidas de TC convencional, incluindo melhor resolução e reduzida exposição às radiações, enquanto ainda permite a reconstrução do perfil dos tecidos moles (PERIAGO *et al.*, 2007).

2.4.2 Avaliação de caninos impactados

Para a determinação da localização de dentes impactados os cirurgiões dentistas tem na maioria das vezes realizado a técnica de dissociação de Clark, que consiste no deslocamento do tubo do aparelho, fazendo a dissociação das imagens. Quando o dente examinado deslocar no mesmo sentido do deslocamento do feixe de raios x ele está por palatino, caso contrário, por vestibular (WHITE; PHAROAH, 2008).

A imagem da TCFC é precisa para determinar não apenas o relacionamento labial/lingual, mas também uma mais exata angulação dos caninos impactados.

As imagens 3D também são benéficas para a determinação da proximidade de raízes adjacentes de pré-molares e incisivos, que pode ser valiosa na determinação de movimentação do dente no arco com uma menor chance de reabsorção da raiz adjacente (HECHLER, 2008).

Relatórios clínicos usando imagens em três dimensões obtidas através de varreduras com TC convencional mostraram que a incidência de reabsorção radicular ao dentes adjacentes a caninos impactados foi maior do que se pensava anteriormente (ERICSON; KURD, 2000).

Walker, Enciso e Mah (2005) mostraram que a imagem 3D é vantajosa no tratamento de caninos impactados, pois ela mostra a presença ou ausência do folículo do canino, a inclinação do longo eixo do dente, posição vestibular ou palatal, a quantidade de osso que cobre o dente, proximidade e reabsorção de raízes dos dentes adjacentes e as considerações anatômicas locais. Relataram ainda ter encontrado dos 27 caninos impactados examinados reabsorção em 66,7% dos incisivos laterais e em 11,1% dos incisivos centrais.

Maverna e Gracco (2007) realizaram um estudo comparando as diversas técnicas radiográficas para planejamento de caninos retidos, e concluíram que a tomografia computadorizada volumétrica é de extremo valor para os casos de caninos localizados em posição mais horizontal; não sendo necessário o uso da tomografia em casos mais simples, devido ao custo e à dose de radiação.

2.4.3 Avaliação das posições dentárias

Segundo Capelozza, Fattori e Maltagliatti (2005), a possibilidade de realizar cortes tomográficos individualizados faz levantar a hipótese de trabalhar com mais precisão em inclinações e angulações dentárias na ortodontia. Através de um software específico, podemos realizar mensurações de inclinação e de angulação de forma precisa.

Chen, Shuning e Shiaofen (2009) realizaram um estudo para demonstrar o deslocamento de dentes através de imagens de TCFC. Eles tomaram uma tomografia de uma

paciente duas semanas após o tratamento ortodôntico e compararam com o exame anterior, concluíram então que o deslocamento em três dimensões de um dente pode ser obtido a partir de imagens de TCFC, e a precisão é aceitável para uso clínico e pode ser melhorada quando a qualidade da imagem evoluir.

Peck *et al.* (2006), utilizaram modelos de gesso (padrão ouro) e TCFC para determinar se a projeção panorâmica pode determinar com precisão angulações méso-distais das raízes e concluíram que em comparação com os modelos de gesso, as varreduras de TCFC produziram medições muito precisas da angulação das raízes e que as imagens panorâmicas não representam fielmente as angulações méso-distais das raízes.

Em ortodontia pode-se usar um modelo digital reconstruído em 3D, a partir de dados de exames de TCFC para avaliar cúspide de dentes impactados, o vetor de força e posicionamento do suporte necessário para mover a cúspide em posição adequada, sem colidir com os dentes vizinhos, como as raízes do incisivo central e incisivo lateral (HARRELL Jr., 2009).

Segundo Fuhrmann (2002), a tomografia computadorizada volumétrica é de grande importância na ortodontia nos casos em que desejamos a visualização das tábuas ósseas vestibulares e linguais e sua remodelação após o movimento dentário.

2.4.4 Reabsorção radicular

A reabsorção radicular é um efeito indesejável e comum que ocorre nos pacientes tratados ortodonticamente. O diagnóstico para tal patologia é realizado através de radiografias panorâmicas e periapicais (DUDIC *et al.*, 2009).

As radiografias panorâmicas demonstraram superestimar o grau das perdas dentárias em 20% ou mais, em comparação com a radiografia periapical. (SAMESHIMA; ASGARIFAR, 2001) Ao passo que a radiografia panorâmica comparada com a TCFC mostrou-se limitada para detectar reabsorção radicular apical (DUDIC *et al.*, 2009).

A reabsorção da raiz é um fenômeno em 3D, e sua extensão deve ser quantificada com precisão. Até agora, métodos radiográficos embora tenham limitações importantes, são os únicos métodos para avaliar a reabsorção apical das raízes dentárias (DUDIC *et al.*, 2008).

Segundo Preda *et al.* (1997) as avaliações tomográficas tem demonstrado que a ocorrência de reabsorção radicular decorrente de tratamento ortodôntico tem sido muito mais freqüente do que se imaginava, aproximadamente 28% dos casos.

Em estudo realizado com 22 pacientes com idade média de 16,7 anos de uma clínica privada de ortodontia da Suíça, foi comparada a eficácia da radiografia panorâmica e da TCFC na detecção da reabsorção radicular após movimentação ortodôntica. Os autores concluíram que a TCFC é uma poderosa ferramenta para mostrar a reabsorção radicular apical enquanto a panorâmica o subestima. A TCFC poderia ser um método de diagnóstico complementar para a radiografia convencional, podendo determinar se o tratamento vai continuar ou ser modificado por causa da reabsorção radicular induzida ortodonticamente (DUDIC *et al.*, 2009).

A capacidade de diagnóstico da tomografia para detectar simulações de reabsorção radicular externa foi estudada por Silveira *et al.* Cavidades de diferentes profundidades e diâmetros foram preparadas nos terços cervical, médio e apical de superfícies vestibulares. A avaliação da capacidade de diagnóstico da tomografia mostrou alta sensibilidade e especificidade excelente; somente cavidades muito pequenas no terço apical foram mais difíceis de detectar em comparação com outras cavidades (SILVEIRA *et al.*, 2007).

Consolaro e Freitas (2007) relatam a importância da tomografia computadorizada volumétrica para ortodontia no planejamento de casos de retratamento e a avaliação precoce de possíveis reabsorções dentárias induzidas durante o tratamento ortodôntico. A obtenção de imagens tomográficas volumétricas permite avaliar, ainda com mais precisão, as relações entre a crista óssea alveolar e os dentes, sua altura, sua forma e seu delineamento na região cervical ao longo de toda a sua circunferência. Da mesma forma, avalia-se detalhadamente a forma radicular, e especialmente do ápice, bem como a proporção coroa-raiz. Nos casos de retratamento, a tomografia computadorizada volumétrica é muito importante, pois ela permite efetivamente avaliar o estado das raízes dentárias, inclusive lateralmente, permitindo também avaliar a existência de deiscências ou fenestrações.

2.4.5 Avaliação das vias aéreas

A obstrução das vias aéreas é um dos fatores etiológicos para as más oclusões dentárias, dentoalveolares e deformidades faciais (YAMADA *et al.*, 1997).

Em estudos com animais, os efeitos morfológicos do aumento induzido pela obstrução nasal foram uma maior altura facial anterior, um maior ângulo do plano oclusal e mandibular, menor postura da mandíbula, aumento da erupção dental posterior, levar à frente a postura da língua, e pode ocorrer a modificação da relação interdental. Sua etiologia, contudo, não parece ser determinada apenas pela morfologia orofacial; a obesidade, idade,

sexo e características cefalométricas parecem ser fatores importantes (YAMADA *et al.*, 1997).

Na ortodontia o diagnóstico de obstrução das vias aéreas é realizado clinicamente e através de radiografia cefalométrica lateral. Uma visão bidimensional (2D) como a obtida em telerradiografias não dá uma indicação precisa do espaço aéreo e da complexidade desta estrutura ou da sua verdadeira dimensão (ABOUDARA, 2009; BARBOSA *et al.*, 2009). Um estudo realizado em 11 pacientes usando telerradiografias laterais e imagem de TCFC constatou que havia variabilidade moderada nas medições de área e volume das vias aéreas superiores (ABOUDARA *et al.*, 2003).

Em adolescentes, há uma significativa relação entre o tamanho das vias aéreas da nasofaringe em uma telerradiografia convencional e sua verdadeira dimensão volumétrica de varredura com a TCFC. A precisa determinação do volume das vias aéreas de um paciente através de uma telerradiografia é difícil por causa da grande variabilidade da via aérea em 3D (ABOUDARA, 2009).

A visualização em 3D da via aérea pode ser facilmente disponível com imagens de TCFC. Usando na TCFC filtros para mostrar as imagens das vias aéreas, é possível quantificar o volume das vias aéreas e dos seios (HECHLER, 2008).

Exame TCFC foi eficiente na detecção de achados acidentais na área maxilo-facial, e foi mais eficiente para encontrar as alterações das vias aéreas (CHA; MAH; SINCLAIR, 2007).

2.4.6 Mini implantes

O uso de mini implantes ortodônticos se difundiu e tem vindo a ganhar popularidade para utilização no tratamento ortodôntico. Muitos movimentos de dentes que foram mecanicamente difíceis de concretizar no passado, se tornaram viáveis com a utilização destes mini-implantes. (GRACCO *et al.*, 2008).

Radiografias convencionais como panorâmicas e periapicais são os exames selecionados para auxiliar na instalação destes dispositivos. Por serem imagens bidimensionais é muito difícil determinar a espessura cortical responsável por uma grande parte da retenção mecânica do mini implante. As imagens TCFC permitem visualizações mais precisas e confiáveis de relacionamentos interradiculares do que as radiografias panorâmicas (PECK *et al.*, 2006).

Hutchinson (2005) demonstrou que as dimensões lineares e angulares mostraram-se mais precisas utilizando as imagens panorâmicas obtidas através de TCFC, em comparação com as tradicionais radiografias panorâmicas, o que também acontece quando se visualiza os cêndilos.

Dados obtidos da TCFC podem ser utilizados para construir guias de colocação e posicionamento de mini-implantes entre as raízes de dentes adjacentes e em locais anatomicamente difíceis. A instalação de mini-implantes é mais fácil e segura com uma guia obtida de TCFC (KIM *et al.*, 2007).

Gracco *et al.* (2008), em um estudo com 162 pacientes submetidos a tomografia computadorizada de feixe cônico avaliaram a espessura tridimensional do palato para determinar o melhor local para colocar mini-implantes e concluíram que a parte mais espessa do palato é a região anterior, mas a espessura do osso em na região posterior também é adequado para a instalação de parafusos de diâmetro e comprimento adequado. Por fim, concluíram que o palato é o local de escolha para a colocação de mini implante para fins ortodônticos.

2.4.7 Maturação esquelética

A segmentação das vértebras individuais foi possível através de dados volumétricos obtidos de TCFC. Os resultados deste estudo piloto em 3D combinaram bem com os relatórios precedentes na literatura sobre as mudanças da forma do esqueleto e da idade, tal como visualizado em imagens sagital em 2D. Isso fornece uma visão tridimensional para a determinação do envelhecimento biológico de pacientes ortodônticos usando imagens da coluna cervical (SHI, 2007).

2.4.8 Expansão maxilar

A utilização de cortes tomográficos, adquiridos tanto por meio de tomógrafo computadorizado de alta resolução quanto por meio da técnica de feixe cônico, possibilita a reconstrução tridimensional da maxila após o procedimento de expansão rápida, com o propósito de possibilitar uma real avaliação da abertura intermaxilar (MOURA *et al.*, 2009).

A imagem de feixe cônico pode ser usada para determinar a espessura e morfologia de ossos em locais que estão incluindo dentes para os quais a expansão rápida da maxila está sendo considerada (RUNGCHARASSAENG *et al.*, 2007).

2.4.9 Avaliação da ATM

A tomografia computadorizada fornece imagens excelentes da cabeça da mandíbula, porém, imagens inadequadas do disco articular. Ela pode ser usada na avaliação de tumores, hiperplasia condilar, anquiloses, ou seja, alterações morfológicas dos componentes ósseos articulares (CAVALCANTI; SALES, 2008).

Hilgers *et al.* (2005), realizaram um estudo para definir as reformatações multiplanares da TCFC para a avaliação da ATM e compararam a acurácia de medidas lineares da ATM com medidas lineares de cefalogramas convencionais e com a anatomia real (padrão-ouro). Comparando a TCFC com a anatomia real, a variação intra-examinadores foi altamente confiável e significativamente mais confiável que as telerradiografias.

Honey *et al.* (2007), em seu estudo comparando a acurácia da imagens de TCFC da ATM com imagens panorâmicas e tomografias lineares concluíram que as imagens de TCFC proporcionaram confiabilidade superior e maior precisão do que a tomografia linear e projeções panorâmicas da ATM na detecção de erosão cortical condilar.

3. DISCUSSÃO

Para elaboração do diagnóstico e do plano de tratamento de pacientes em ortodontia, imagens bidimensionais como radiografias cefalométricas e panorâmicas são os exames normalmente escolhidos. Apesar de serem utilizados por muito tempo, estes exames apresentam algumas limitações por serem imagem bidimensionais de estruturas tridimensionais (SCARFE; FARMAN, 2008).

Com o surgimento da TC, esta seria uma alternativa aos exames convencionais em ortodontia, mas devido ao alto custo, o grande espaço físico do equipamento e a grande quantidade de radiação envolvida a sua utilização na odontologia foi limitada (NAKAJIMA *et al.*, 2005). O desenvolvimento da TCFC modificou esta situação, pois se trata de um exame tridimensional, com alta resolução, sem distorções, e um equipamento de tamanho compacto e relativamente baixa custo, fazendo desta um exame de escolha para as regiões dentomaxilofaciais (SUKOVIC, 2003).

De maior interesse para a ortodontia, a TCFC detém a promessa de em última análise, ser superior às nossas fontes convencionais de dados em duas formas. Em primeiro lugar, ela contém muito mais dados os quais nunca poderão ser extraídos de registros convencionais, não importa o quão bem os registros são analisados juntos. Em segundo lugar, porque ela captura os dados de todas as estruturas do crânio em um único registro, desta forma os inevitáveis erros do processo de fusão são eliminados (BAUMRIND *et al.*, 2003).

O grande benefício de se trabalhar com imagens tomográficas é a possibilidade de interação com os dados armazenados, gerando novas imagens e permitindo que reconstruções comparáveis às projeções radiográficas convencionais sejam obtidas por meio de uma única aquisição volumétrica (SCARFE; FARMAN, 2006).

Uma justificativa para a utilização da TCFC na odontologia é a alta resolução de imagem, pois esta possui o voxel isotrópico da mesma maneira que TC convencional (SCARFE, FARMAN, SUKOVIC, 2006; FARMAN, SCARFE, 2009). Entretanto, Cavalcanti e Sales (2008), citam que o voxel da TCFC é anisotrópico devido ao princípio de aquisição e conformação do feixe de radiação (cônico) possuindo esta uma resolução mais baixa do que a TC multislice.

Hutchison (2005) demonstrou que as dimensões lineares e angulares mostraram-se mais precisas utilizando as imagens panorâmicas obtidas através de TCFC, em comparação com as radiografias panorâmicas tradicionais.

Cattaneo *et al.* (2008), concluíram que não existe diferença estatística entre análises cefalométricas realizadas em cefalogramas convencionais e cefalogramas gerados de TCFC e que estes podem ser utilizados com sucesso para realizar análises cefalométricas.

Cefalometria 3D obtida de TCFC tem uma série de vantagens potenciais sobre a imagem cefalométrica obtida de TC convencional, incluindo, uma melhor resolução e redução de exposição às radiações, enquanto ainda permitindo a reconstrução do perfil dos tecidos moles (PERIAGO *et al.*, 2007).

Vários autores têm afirmado que a superposição de imagens 3D pode ser um método alternativo para análise mudanças durante e após tratamento (ASHMORE *et al.*, 2002). No entanto, Oliveira *et al.* (2004) afirmaram que este é um desafio por causa de a dificuldade de seleção de áreas estáveis ou estruturas como pontos de registro que não mudaria durante ortodôntico tratamento.

Além de permitir a análise cefalométrica 3D, auxiliando no diagnóstico, planejamento e acompanhamento de pacientes ortodônticos, a TCFC, permite a aquisição de dados mais precisos e confiáveis principalmente em pacientes que possuem assimetrias ou outras anomalias craniofaciais complexas.

Em relação aos pacientes que possuem aparelhagem ortodôntica fixa Sanders *et al.* (2007) realizaram um estudo avaliando a presença de artefatos produzidos pelos braquetes. As conclusões respaldam a hipótese que tanto os braquetes metálicos como não metálicos produzem artefatos, dificultando a interpretação das imagens e diminuindo a qualidade das imagens geradas pelo tomógrafo, caracterizando desta forma uma desvantagem do mesmo. Em contrapartida Ziegler *et al.* (2002) ressaltam como uma das vantagens da tomografia computadorizada de feixe cônico, a ausência ou a diminuição quase que total de artefatos metálicos, porém não sendo o trabalho específico para braquetes.

Segundo Nascimento, Araújo e Bezerra (2006), além da palpação digital do vestíbulo com o propósito de identificar as raízes dos dentes, uma avaliação cuidadosa da região eleita, com o objetivo de verificar a saúde óssea e o espaço disponível para instalação dos microparafusos, deve ser realizada através do exame de radiografias panorâmicas e periapicais. Estas últimas obtidas com o auxílio de um posicionador para a técnica do paralelismo, de forma que o feixe de raios-x incida perpendicularmente à área em estudo. Entretanto Kim *et al.*, (2007) relatam que dados obtidos da TCFC podem ser utilizados para construir guias de colocação e posicionamento de mini-implantes entre as raízes de dentes adjacentes e em locais anatomicamente difíceis, sendo assim a instalação realizada de forma mais fácil e segura.

A exposição do paciente à radiação X é sempre uma preocupação do profissional. Desta forma, para a maioria dos casos, o diagnóstico ortodôntico pode continuar sendo realizado com base em exames radiográficos convencionais. Quando se faz necessária uma complementação diagnóstica com a solicitação da TCFC - como nos casos de dentes impactados, presença de reabsorções radiculares, planejamento cirúrgico, entre outros - a análise cefalométrica pode ser realizada sobre imagens reconstruídas e as demais projeções radiográficas necessárias obtidas a partir das reconstruções multiplanares, evitando novas exposições ao paciente (LIEDKE *et al.*, 2009).

É coerente que, antes de indicar a TCFC, o profissional avalie cuidadosamente relação custo-benefício deste exame complementar: a TCFC vai contribuir para o diagnóstico a ponto de mudar o plano de tratamento? Diante de uma resposta positiva, o exame de TCFC deve ser indicado (GARIB, 2007).

Um exame de todos os dentes é recomendado para pacientes com extensas necessidades periodontais ou reparadoras. Caso contrário, radiografias interproximais e periapicais são recomendadas. Um exame de TCFC é recomendado quando o paciente tem assimetria facial grave ou desarmonia facial, apnéia do sono, caninos superiores impactados, ou se a instalação de mini-parafusos ortodônticos esta sendo considerado. Na ausência dessas condições, uma panorâmica e uma cefalometria lateral são os exames recomendados (STUART; PAE, 2009).

Se os exames de TCFC forem utilizados amplamente, afetarão uma área muito grande da ortodontia prática no futuro, da visualização dos objetivos do tratamento (VTO), moldes em 3D, análises cefalométricas digitais e achados acidentais na região maxilofacial (HARRELL, 2009; CHA, MAH, SINCLAIR, 2007).

Critérios de seleção baseados em evidências devem ser desenvolvidos para TCFC em ortodontia que levam em conta o princípio de ALARA (As Low As Reasonably Achievable), ou seja, “tão baixo quanto razoavelmente exequível”, as tomadas radiográficas para os exames de TCFC devem ser realizadas com base nas necessidades dos pacientes e utilizando as medidas de proteção (FARMAN, SCARFE, 2006; KAU *et al.*, 2005).

Segundo Silva *et al.* (2008), do ponto de vista da dose para o paciente, a uso rotineiro de TCFC não é recomendado em procedimentos ortodônticos, porque as imagens convencionais apresentam doses mais baixas para os pacientes. No entanto, quando a imagem é 3D é necessária na prática ortodôntica, a TCFC é preferida em relação a TCMS. Novos estudos devem indicar se o valor diagnóstico da imagem TCFC justifica a dose mais elevada.

De Vos, Casselman e Swennen (2009) concluíram em suas análises que há uma grande incoerência na terminologia relatadas para as propriedades e configurações das TCFC e que existe uma falta de dados baseados em evidências sobre as doses de radiação.

Muitos profissionais que incorporam esta tecnologia em suas práticas não tiveram a formação necessária para interpretar anatomia além da maxila e mandíbula com imagens multiplanares 2D reconstruídas em três dimensões, para assegurar a correta utilização desta tecnologia, instituições de ensino estão incorporando em seus currículos e cursos de educação continuada estão sendo oferecidos para ajudar os dentistas usarem e interpretarem os dados obtidos destas imagens (HOWERTON; MORA, 2008).

Popat, Drage e Durning (2008) escreveram um artigo, apresentando dois casos de pacientes que realizaram tomografia volumétrica com finalidade ortodôntica e que tiveram achados radiográficos acidentais de fissura de vértebras cervicais diagnosticadas. Este artigo revela a importância de um correto treinamento para a interpretação de tomografias volumétricas por parte do cirurgião dentista radiologista, sendo de grande importância a notificação de qualquer alteração no aspecto radiográfico habitual, em especial em um exame de alta definição como este.

4. CONCLUSÕES

Fatores como baixa dose de radiação e reduzido custo financeiro fazem da tomografia computadorizada de feixe cônico o exame o de escolha para a região bucomaxilofacial. Como estes exames fornecem uma visão tridimensional do crânio e da face, em um futuro próximo a TCFC irá modificar conceitos e alterar planos de tratamentos dentro da ortodontia. Não se deve esquecer dos exames radiológicos convencionais e sim ter o bom senso de indicar a TCFC, quando necessário, pois este, em comparação aos exames radiológicos convencionais, apresenta-se com dose de radiação ainda assim maiores ao paciente.

REFERÊNCIAS

ABOUDARA, C. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 135, p. 468-79, 2009.

ABOUDARA, C. *et al.* A three-dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. **Orthod Craniofacial Res**, v. 6, p. 173–175, 2003.

ARAÚJO, Ericky Caldas de. **Estudo e aplicação do algoritmo fdk para reconstrução de imagens tomográficas multicortes.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ASHMORE, J. L. *et al.* A 3-dimensional analysis of molar movement during headgear treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 121, p. 18-30, 2002.

BARBOSA, Marcelo de Castellucci *et al.* Avaliação da radiografia cefalométrica lateral como meio de diagnóstico da hipertrofia de adenóide dental press. **R. Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 14, n. 4, p. 83-91, jul./ago., 2009

BAUMRIND, S. *et al.* Using three-dimensional imaging to assesstreatment outcomes in orthodontics: a progressreport from the University of the Pacific. **Orthod Craniofacial Res.**, v. 6, p. 132-142, 2003.

BIOSSEGURANÇA HOSPITALAR. **Métodos radiográficos especiais.** 2007. Disponível em:
<http://www.biossegurancahospitalar.com.br/rx/Curso_de_Biosseguranca_cap_7_Equipamentos_especiais.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2009.

BROOKS Sharon L. TCFC Dosimetry: orthodontic considerations. **Seminars in Orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 14-18, mar., 2009.

CAPELOZZA, L.; FATTORI, L.; MALTAGLIATTI, L. Um novo método para avaliar as inclinações dentárias utilizando a tomografia computadorizada. **Rev Dental Press de ortodontia e ortopedia Facial**, Maringá, v. 10, n. 5, p. 23-29, set. /out., 2005.

CATTANEO, P. *et al.* Comparison between conventional and cone-beam computed tomography–generated cephalograms. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 134, p. 798-802, 2008.

CAVALCANTI, Marcelo G. P.; SALES, Marcelo A. O. Tomografia Computadorizada. In: CAVALCANTI, Marcelo G. P. **Diagnóstico por imagem da face**. São Paulo: Santos, 2008. p. 3-42.

CEVIDANES, L. H. S.; STYNER, M. A.; PROFIT, W. R. Image analysis and superimposition of 3-Dimensional cone-beam computed tomography models. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, n. 129, p. 611-8, abr., 2006.

CHA, Jung Yul; MAH, James; SINCLAIR, Peter. Incidental findings in the maxillofacial area with 3-dimensional cone-beam imaging. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 132, p. 7-14, 2007.

CHEN, Jie; SHUNING, Li; SHIAOFEN, Fang. Quantification of tooth displacement from cone-beam computed tomography images. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 136, p. 393-400, 2009.

CONSOLARO, A.; FREITAS, P. Z. Tomografia volumétrica versus helicoidal no planejamento ortodôntico e no diagnóstico das reabsorções dentárias. **Rev Clinica de Ortodontia Dental Press**, Maringá, v. 6, n. 4, p. 108-111, ago./set., 2007.

DE VOS, W.; CASSELMAN, J.; SWENNEN, G. R. J. Cone-beam computerized tomography (TCFC) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature int. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, v. 38, p. 609-625, 2009.

DUDIC, A. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 135, p. 434-7, 2009.

DUDIC, A. *et al.* Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. **Eur J Oral Sci.**, v. 116, p. 467-72, 2008.

ERICSON, S.; KURD, P. J. Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. **Angle Orthod**, v. 70, n. 6, 2000.

FARMAN, Allan G.; SCARFE, William C. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 130, n. 2, p. 257-265, ago., 2006.

The Basics of Maxillofacial Cone Beam Computed Tomography. **Seminars in Orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 2-13, mar., 2009.

FUHRMANN, R. A. W. Three-dimensional evaluation of periodontal remodeling during orthodontic treatment. **Semin Orthod**, Philadelphia, v. 8, n. 1, p. 23-28, mar., 2002.

GARIB, Daniela Gamba *et al.* Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia – dental press. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 139-156, mar./abr., 2007.

GRACCO, A. *et al.* Quantitative cone-beam computed tomography evaluation of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 134, p. 361-9, 2008.

HARRELL Jr., William E. 3D Diagnosis and Treatment Planning in Orthodontics. **Seminars in Orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 35-41, mar., 2009.

HATCHER, D. C.; ABOUDARA, C. L. Diagnosis goes digital. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 125, n. 4, p. 512-515, apr. 2004.

HILGERS, Michael L. *et al.* Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 128, p. 803-11, 2005.

HONEY, O. *et al.* Accuracy of the cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 132, n. 4, p. 429-38, 2007.

HOWERTON, Bruce; MORA, Maria A. New and on the Horizon? Advancements in Digital Imaging: What Is JADA. **J Am Dent Assoc**, v. 139, 2008.

HUTCHISON, S. Cone beam computed tomography panoramic images versus traditional panoramic radiographs [thesis abstract]. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 128, n. 4, 2005.

JAFFRAY, D. A.; SIEWERDSEN, J. H. Cone-beam computed tomography with a flat-panel imager: initial performance characterization. **Méd Phys**, v. 27, p. 1311-23, 2000.

KAU, C. H. *et al.* Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. **Journal of Orthodontics**. v. 32, p. 282-293, 2005.

KIM, S. *et al.* Surgical positioning of orthodontic miniimplants with guides fabricated on models replicated with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 131, n. 4, p. 82-89, 2007.

LAGRAVÈRE, M. *et al.* Plane orientation for standardization in 3-dimensional cephalometric analysis with computerized tomography imaging. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 129, p. 601-4, 2006.

LAMACHINE, M. *et al.* Accuracy of reconstructed images from cone-beam computed tomography scans. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 136, n. 2, p. 136-156, 2009.

LANGLAND, O *et al.* History of panoramic radiography. In: PANORAMIC Radiography. 2. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1989. p. 3-37.

LIEDKE, Gabriela Salatino; Estudo comparativo de cefalogramas realizados sobre reconstruções de tomografia cone beam total e unilaterais da face e telerradiografias convencionais; **Dissertação de mestrado**; UFRGS, 2009.

LOUBELE M. *et al.* Comparison between effective radiation dose of TCFC and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. **European Journal of Radiology**, 2008.

MAKI, K. *et al.* Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography. **Orthod Craniofacial Res**, v. 6, p. 95-101, 2003.

MAVERNA, R.; GRACCO, A. Different diagnostic tools for the localization of impacted maxillary canines :clinical considerations. **Progress in orthodontics**, Padova, v. 8, n. 1, p. 28-44, 2007.

MOSHIRI, M. *et al.* Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 132, p. 550-60, 2007.

MOURA, Pollyana Marques de *et al.* Expansão rápida da maxila – avaliação de dois métodos de reconstrução 3D por meio de um modelo laboratorial – dental press. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 14, n. 1, p. 90-93, jan./fev., 2009.

MOZZO, P. *et al.* A new volumetric CT machine for dental imaging based on the conebeam technique: preliminary results. **Eur Radiol**, v. 8, p. 1558-64, 1998.

NAKAJIMA, A. *et al.* Two- and three-dimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography. **Angle Orthod, Appleton**, v. 75, n. 6, p. 895-903, nov. 2005.

NASCIMENTO, Mauro Henrique Andrade; ARAÚJO, Telma Martins; BEZERRA, Fábio. Microparafuso ortodôntico: instalação e orientação de higiene Perimplantar. **R Clin Ortodon Dental Press**, Maringá, v. 5, n. 1, fev./mar., 2006.

OLIVEIRA, N. L. *et al.* Threedimensional assessment of morphologic changes of the maxilla: a comparison of 2 kinds of palatal expanders. **Am J OrthodDentofacial Orthop**, v. 126, p. 354-62, 2004.

PECK, J. *et al.* Mesiodistal Root Angulation Using Panoramic and Cone Beam CT. **Angle Orthod, Appleton**, v. 77, n. 2, p. 206–213, abr., 2006.

PERIAGO, D. R. *et al.* **Linear Accuracy and Reliability of Cone Beam CT Derived 3-Dimensional Images Constructed Using an Orthodontic Volumetric Rendering Program**; **Angle Orthod, Appleton**, v. 78, n. 3, p. 387-395, maio, 2007.

POPAT, H.; DRAGE, N.; DURNING, P. Midi-line clefts of the cervical vertebrae –an incidental finding arising from cone beam computed tomography of the dental patient. **Br Dent J.**, England, v. 6, n. 1, p. 303-306, mar., 2008.

PREDA, L. *et al.* The use of spiral computed tomography in the localization of impacted maxillary canines. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 26, n. 4, p. 236-41, jul., 1997.

RUNGCHARASSAENG, K. *et al.* Factor's affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 132, n. 4, p. 132-428, 2007.

SAMESHIMA, G. T.; ASGARIFAR, K. O. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs. panoramic films. **Angle Orthod**, v. 71, p. 185-9, 2001.

SANDERS, M. A. *et al.* Common Orthodontic appliances cause artifacts that degrade the diagnostic quality of TCFC images. **J Calif Dent Assoc.**, United States, v. 35, n. 12, p. 850-857, dez., 2007.

SCARFE, W. C.; FARMAN, A. G.; SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. **J Can Dent Assoc, Ottawa**, v. 72, n. 1, p. 75-80, feb., 2006.

SCARFE, William C.; FARMAN, Allan G. What is Cone-Beam CT and How Does it Work? **Dent Clin N Am**, v. 52, p. 707-730, 2008.

SHI, H. Three-dimensional reconstruction of individual cervical vertebrae from cone-beam computed tomography images. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 131, p. 426-32, 2007.

SILVA, Maria Alves Garcia *et al.* Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 133, p. 640-645, 2008.

HECHLER, Steven. Cone-Beam CT: applications in orthodontics. **Dent Clin N Am**, v. 52, p. 809-823, 2008.

SILVEIRA, H. L. D. da *et al.* Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. **Dentomaxillofacial Radiology**, v. 36, p. 393-396, 2007.

STUART, C. White; PAE, E. Patient Image Selection Criteria for Cone Beam Computed Tomography Imaging. **Seminars in Orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 19-28, mar., 2009.

SUKOVIC, P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. **Orthod. Craniofacial Res.**, v. 6, p. 31-36, 2003.

SWENNEN, G. R. J.; SCHUTYSER, F. Three-dimensional cephalometry: spiral mult slice vs. cone beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St Louis, v. 130, n. 3, p. 406 - 410, set., 2006.

WALKER, L.; ENCISO, R.; MAH, J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 28, n. 4, p. 418-423, out., 2005.

WHITE, Stuart; PHAROAH, Michael. The Evolution and Application of Dental Maxillofacial Imaging Modalities. **The Dental Clinics of North America**, n. 52, p. 689-705, 2008.

YAMADA, Tetsuro *et al.* Influences of nasal respiratory obstruction on craniofacial growth in young *Macaca fuscata* monkeys, american journal. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v. 111, p. 38-43, 1997.

ZIEGLER, C. M. *et al.* Clinical Indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. **Dentomaxillofac Radiol.**, Heidelberg, v. 31, p. 126-130, maio, 2002.