

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Cássia Ferreira Guimarães

APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM CEFALOMETRIA

Porto Alegre

2010

Cássia Ferreira Guimarães

APLICAÇÃO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM CEFALOMETRIA

Monografia apresentada à disciplina de TCC II da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito final para a obtenção do grau de cirurgião-dentista.

Orientador: Prof. Dr. Heraldo Luis Dias da Silveira

Porto Alegre

2010

## RESUMO

A cefalometria consiste na mensuração das estruturas crâniofaciais, incluindo os tecidos moles. Tradicionalmente, as cefalometrias são feitas em telerradiografias laterais, obtidas com o uso de um cefalostato. Embora imagens tomográficas estejam disponíveis para a área médica há mais de 30 anos, a alta dose de radiação e o custo proibitivo dessa tecnologia tornaram seu uso pouco comum em ortodontia. No entanto, avanços recentes nessa área diminuíram consideravelmente sua dose de radiação e custo, tornando as imagens tomográficas uma alternativa viável e desejável. Apesar de alguns autores afirmarem que a obtenção de medidas cefalométricas em imagens tomográficas é mais precisa do que na cefalometria convencional, a grande maioria dos estudos mostra que a análise cefalométrica é semelhante, tanto em imagens tomográficas quanto na telerradiografia convencional. Essa última, no entanto, possui menor custo e menor exposição à radiação, o que a faz ser considerada o método de escolha em cefalometria.

Palavras-chave: cefalometria; tomografia computadorizada; dose de radiação.

## **ABSTRACT**

Cephalometry consists in measuring craniofacial structures, including soft tissues. Traditionally, lateral cephalometric radiographs are used to obtain the cephalometry. Although topographic images are available for the medical field for over 30 years, the high radiation dose and the prohibitive cost of this technology have made their use unusual in orthodontics. However, recent advances in this area significantly decreased its radiation dose and cost, making these images a viable and desirable alternative. Although some authors say that measures in topographic images are more precise than in conventional cephalometric radiographs, the vast majority of studies shows that the cephalometric analysis is similar in both images, topographic and conventional radiograph. The latter, however, has the lowest cost and reduced exposure to radiation, being considered the method of choice.

Key-words: cephalometry; computed tomography; radiation dosage.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{Sv}$  - microsievert

2D – duas dimensões

3D – três dimensões

AEM – meato acústico externo

ATM – articulação temporomandibular

Ba – ponto básico

Ba-ANS – distância do ponto básico à espinha nasal anterior

CCI – Coeficiente de Correlação Intraclasse

CCP – Coeficiente de Correlação de Pearson

DICOM – *Digital Communication in Medicine*

Ekm – ponto ectomolar

ELSA – ponto equidistante ao centro do forame espinhoso

ICRP – *International Commission on Radiological Protection*

ISLEAM – borda lateral superior esquerda do meato acústico externo

mAs – miliamperagem

MDFM – ponto equidistante ao centro do forame magno

mm – milímetros

N – ponto násio

Na-A – distância do ponto násio ao ponto A

Or – ponto orbitário

PA – posteroanterior

PMI – Projeção de Máxima Intensidade

PNC – Posição Natural da Cabeça

Po – ponto pório

Pog-Go – distância do ponto pogônio ao gônio

PRI 3D – Planos de Referência Intracraniais em 3D

RMP – reconstrução multiplanar

rSLEAM – borda lateral superior direita do meato acústico externo

S – ponto sela

TC – tomografia computadorizada

TCFC – tomografia computadorizada de feixe cônico

TDL – dosímetro termoluminescente

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	8
2 OBJETIVOS .....	10
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
3.1 Tomografia computadorizada tradicional .....	11
3.2 Tomografia computadorizada de feixe cônico.....	16
3.3 Cefalometria tridimensional.....	26
3.4 Dose de radiação .....	29
4 DISCUSSÃO .....	32
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

## 1 INTRODUÇÃO

A cefalometria, que pode ser considerada um produto da evolução dos estudos arqueológicos e antropométricos, consiste na mensuração das estruturas craniofaciais, incluindo os tecidos moles (RICKETTS, 1961; VEDOVELLO, 2007).

Em 1780, Camper descreveu pela primeira vez a importância do ângulo formado pela intersecção do plano traçado da base do nariz ao conduto auditivo externo (Plano de Camper) como plano tangente do perfil facial. Em 1884, foi proposto um plano por Von Ihering como modelo de orientação, o qual ficou conhecido como Plano de Frankfurt, que é obtido através de uma reta unindo o bordo superior do meato acústico externo e o bordo inferior da cavidade orbital (BECKER, 2004).

O ano de 1931 representa um marco na história da cefalometria radiográfica. Neste ano, Hofrath e Broadbent publicaram, simultaneamente, artigos descrevendo os dois primeiros cefalostatos para utilização em cefalometria radiográfica. Estes dispositivos permitiam estabilizar, de um modo passível de reprodução, a posição da cabeça, em relação à fonte de raios-X e ao filme, propiciando com isso o desenvolvimento da cefalometria radiográfica (RICKETTS, 1981; BASKIN, 1997). Em 1937, Broadbent publica dois trabalhos, onde descreve maiores detalhes da técnica por ele idealizada e estabelece medidas crânio-faciais em crianças normais.

As radiografias cefalométricas podem ser obtidas em norma lateral ou em norma frontal. A utilização das radiografias cefalométricas em norma frontal é muito mais restrita, em relação às obtidas em norma lateral, tanto para o diagnóstico clínico, quanto para os trabalhos de pesquisa. Como as radiografias cefalométricas em norma lateral também permitem visualizar os problemas verticais, aquelas obtidas em norma frontal limitam-se, praticamente, aos casos de grandes assimetrias faciais (VEDOVELLO, 2007; SHAHABI, 2009).

Embora imagens tomográficas em 3D estejam disponíveis para a área médica há mais de 30 anos, a alta dose de radiação e o custo proibitivo dessa tecnologia

tornaram seu uso pouco comum em ortodontia. No entanto, avanços recentes nessa área diminuíram consideravelmente sua dose de radiação e custo, tornando as imagens tomográficas uma alternativa viável e desejável (TOGASHI, 2002; VALIATHAN et al. 2007).

De maneira geral, as tomografias podem ser classificadas em dois tipos: tomografia convencional e tomografia computadorizada. Esta última pode ser classificada de acordo com o formato do feixe de raios X utilizado: tomografia computadorizada de feixe em leque (*Fan-Beam Computed Tomography*) e tomografia computadorizada volumétrica de feixe cônico (*Cone Beam Computed Tomography*). (SCARFE et al., 2006)

Ao contrário da Tomografia Computadorizada (TC) tradicional, que necessita de tantas voltas quanto forem as espessuras de corte e tamanho da estrutura, resultando em maior exposição do paciente à radiação (SCARFE et al. 2006) devido ao seu feixe de raios X em forma de leque, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) necessita de apenas um giro ao redor da área de interesse para obter as informações necessárias para a reconstrução das imagens (FARMAN, 2006). Desta maneira, com o uso da TCFC, foi possível reduzir a dose de exposição do paciente à radiação em relação à TC médica.

Outra grande vantagem da TCFC é a possibilidade de excluir estruturas desnecessárias para a análise cefalométrica, como a espinha cervical, evitando superposições a estruturas relevantes e fornecendo imagens claras das estruturas maxilo-faciais pertinentes (VALIATHAN et al., 2007).

Tendo em vista as considerações acima, o objetivo desse estudo é revisar a literatura a respeito da aplicação da tomografia computadorizada, tanto a TC tradicional, como a de feixe cônico (TCFC), em cefalometria.

## 2 OBJETIVOS

A proposta do presente estudo é discutir o uso da tomografia computadorizada para a realização de estudos cefalométricos, a partir de uma revisão narrativa da literatura sobre o tema.

Os artigos utilizados na revisão de literatura foram selecionados a partir de uma busca na biblioteca virtual *PubMed*, usando como palavras-chave os descritores obtidos no *MeSH database*: “*cephalometric*”, “*cephalometry*” e “*tomography*”. O operador booleano AND foi usado para cruzar os termos “*cephalometric*” e “*tomography*”, e “*cephalometry*” e “*tomography*”. Foram incluídos todos os artigos publicados nos últimos 10 anos que envolviam o tema.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Tomografia computadorizada tradicional

Nas primeiras gerações de aparelhos de TC, o feixe de raios-X completava um giro em torno do paciente e, posteriormente, a mesa se movimentava para capturar a imagem em fatia da próxima região adjacente. Nos aparelhos atuais, denominados de última geração, a mesa com o paciente movimenta-se simultaneamente à rotação do tubo de raios-X, determinando uma trajetória helicoidal da fonte de raios-X em torno do paciente, o que provê a denominação aos aparelhos de TC modernos: tomografia computadorizada helicoidal ou espiral (GARIB *et al.*, 2007).

A primeira imagem obtida pelo tomógrafo assemelha-se a uma telerradiografia de norma lateral e denomina-se escanograma ou scout. Nesta imagem, o técnico seleciona a região que será escaneada, assim como determina a inclinação dos cortes axiais. As imagens originais na tomografia computadorizada tradicional são usualmente obtidas no sentido axial (GARIB *et al.*, 2007).

Diante da necessidade de diversificar as perspectivas de avaliação, o computador é capaz de reconstruir os cortes axiais originais, obtendo imagens em outros planos do espaço, como os planos coronal e sagital, sem a necessidade de expor novamente o paciente à radiação. Este recurso presente nos softwares dos tomógrafos denomina-se reconstrução multiplanar (GARIB *et al.*, 2007).

Os cortes axiais originais podem ainda ser reconstruídos em 3D e visualizados sob diferentes perspectivas. As imagens principais e de maior interesse ainda podem ser impressas em filme radiográfico e enviadas ao profissional que requisitou o exame (GARIB *et al.*, 2007).

Chidiac *et al.* (2002) realizaram um estudo que comparou mensurações obtidas diretamente dos crânios, com medidas obtidas a partir de imagens radiográficas cefalométricas e tomográficas computadorizadas. Para isso utilizaram

13 crânios secos, a partir dos quais foram obtidas radiografias lateral e posteroanterior (PA), e também imagens *scout view* de um tomógrafo médico. Os autores obtiveram medidas lineares a partir de pontos marcados diretamente no crânio. Também foram obtidas medidas lineares e angulares a partir das imagens radiográficas e tomográficas. O mesmo operador identificou três vezes os pontos sobre as imagens. O estudo concluiu que ambos os métodos permitem determinar uma relação entre os maxilares, e entre dentes e maxilares, podendo ser considerados guias de diagnóstico. No entanto, considerações operacionais favoreceriam o uso de cefalogramas. Essas incluem o custo e a logística envolvidos na obtenção da imagem tomográfica.

Cavalcanti *et al.* (2004) tiveram como objetivo determinar a precisão e acurácia de medidas antropométricas obtidas a partir de imagens volumétricas geradas por TC, e comparar os pontos craniométricos usando protocolos para tecidos duros e moles. Treze cabeças de cadáveres foram examinadas com TC espiral, e imagens volumétricas foram geradas. Pontos craniométricos e medidas lineares foram obtidos nas imagens de TC em 2D e 3D por dois radiologistas, duas vezes cada um, independentemente, em protocolos de tecidos duros e moles. No total, foram obtidas 520 mensurações. Para a obtenção das medidas físicas, foram traçados pontos em tecidos moles e depois este foi removido dos crânios para a obtenção das medidas ósseas. Os resultados demonstraram nenhuma diferença significativa intra e inter-observadores, ou entre imagens e medidas físicas em ambos os protocolos de TC em 3D. O erro padrão encontrado foi entre 0,45% e 1,44% para todas as mensurações em ambos os protocolos, indicando um alto nível de precisão. Em conclusão, a metodologia permitiu uma resolução 3D de alta qualidade em protocolos de tecidos moles e duros. Medidas craniométricas baseadas em imagens em 3D geradas por TC podem, portanto, ser usadas para estudos antropológicos envolvendo aplicações craniofaciais.

Halazonetis (2005), a partir de uma revisão da literatura, concluiu que imagens em 3D estão começando a se tornar disponíveis, a medida que a dose de exposição e o custo diminuem. Além disso, avanços em hardware e software estão facilitando a visualização interativa e a manipulação desses dados em computadores pessoais.

Swennen *et al.* (2006) utilizaram dados de TC em formato DICOM (*Digital Communication in Medicine*) de 20 pacientes controle com relações esqueléticas normais para avaliar a acurácia do sistema de referência de cefalometria em 3D Maxilim, versão 1.3.0 (Medicim NV, Sint-Niklaas, Bélgica). Um total de 42 (14 horizontais, 14 verticais e 14 transversais) medidas ortogonais foram feitas duas vezes em cada paciente, por cada um dos dois investigadores. O presente sistema se mostrou correto e confiável, e portanto pode ser usado para análise cefalométrica em 3D de tecidos duros e moles.

Swennen & Schutyser (2006) descreveram as vantagens e desvantagens do método de cefalometria em 3D com TC *multi slice* e concluíram que este é uma ponte entre a cefalometria convencional e as modernas técnicas de imagens craniofaciais, e fornece dados em 3D de alta qualidade, precisos e confiáveis. É esperado que a cefalometria em 3D possa em breve se tornar rotina, devido à reduzida exposição à radiação, fácil acesso e análise de custo benefício favorável da TCFC.

Olszewski *et al.* (2006) compararam o alinhamento das estruturas anatômicas em uma cefalometria convencional (radiografia lateral digital) e em uma TC em 3D com o intuito de validar o conceito deste segundo método. O diagnóstico baseado nas análises convencional e em 3D foram adequados, porém a análise em 3D possibilitou a comparação dos lados esquerdo e direito do crânio, e também uma melhor visualização dos pontos, devido a ausência de sobreposição de estruturas. Os autores concluíram que as potenciais aplicações da cefalometria em 3D seriam na análise de malformações frequentes na região craniofacial, no diagnóstico e planejamento virtual de cirurgias ortognáticas, e na preparação de reconstruções de fraturas zigomáticas, orbitais, maxilares e mandibulares.

Kamiishi *et al.* (2007) desenvolveram um cefalograma em 3D, combinando TC em 3D e análise cefalométrica. As imagens foram obtidas a partir de um tomógrafo médico espiral, e a análise cefalométrica revelou assimetrias das estruturas faciais, particularmente da mandíbula em diferentes lados da face. Os autores concluíram que as vantagens desse método são o fato da análise cefalométrica poder ser conduzida individualmente em cada lado da face; a possibilidade de mensurar linhas e ângulos em 3D; a visualização simultânea de tecidos moles, como gordura,

músculos e os seios da face; a fácil visualização e entendimento das características dos ossos da face; e o fato das imagens não apresentarem erros devido a magnificação, como ocorre nas radiografias convencionais. Segundo Kamiishi *et al.*, o cefalograma em 3D é uma ferramenta útil para instruir médicos, e até mesmo pacientes, em relação à anatomia patológica da face e seu tratamento.

Greiner *et al.* (2007) realizaram um estudo com o objetivo de examinar se pontos marcados em cefalogramas laterais a partir de TC teriam a mesma precisão do que se fossem marcados em radiografias laterais digitais. Não foram encontradas diferenças significativas na comparação dos dois tipos de imagem. Os autores concluíram que quando a TC já foi solicitada para acessar complexas displasias faciais e craniofaciais, a solicitação de uma radiografia convencional adicional para diagnóstico ortodôntico pode ser dispensada; os dados desse estudo demonstram que é possível obter cefalogramas laterais a partir dos dados da TC com a mesma precisão do tradicional, evitando uma nova exposição à radiação.

Lou *et al.* (2007), em sua revisão sistemática da literatura, tiveram como objetivo avaliar as informações publicadas disponíveis sobre precisão na identificação de pontos e medidas associadas a partir de TC da região maxilofacial. Apenas 8 estudos foram selecionados e, a partir desses, os autores concluíram que: (1) cada ponto apresentou uma característica própria de erro, que contribuiu para mensurações incorretas; (2) após repetidas identificações de pontos em crânios secos, o que difere das condições reais, a diferença entre pontos craniofaciais identificados em sequência em TC espiral em 2D pode ser em torno de 5mm.

Muramatsu *et al.* (2008) realizaram um estudo com o objetivo de testar a reprodutibilidade dos pontos marcados em imagens de TC em 3D utilizando o método das elipses, com 95% de confiabilidade. Seis dentistas marcaram 19 pontos duas vezes nas imagens de TC em 3D; as elipses foram produzidas em 3D e suas áreas foram calculadas para avaliar a reprodutibilidade dos pontos. Entre cinco pontos frequentemente usados como referência em cefalogramas (Sela [S], Nasio [N], Básio [Ba], Orbitário [Or] e Pório [Po]), Ba demonstrou a menor área, indicando alta reprodutibilidade. O processo coronóide e pontos relacionados aos dentes também demonstraram reprodutibilidade relativamente alta. Os autores concluíram que os métodos deste estudo poderiam ser usados para obter sistemas de

coordenadas específicos para diferentes tratamentos ou estudos de acordo com os seus objetivos e sujeitos, com o intuito de obter imagens de apenas uma área específica e diminuir a exposição à radiação.

Olszewska *et al.* (2009) tiveram como objetivo em seu estudo descrever as semelhanças e diferenças do uso de radiografias cefalométricas e TC craniofacial em pacientes com Síndrome da Apnéia Obstrutiva do Sono e demonstrar a relação entre severidade da síndrome e severidade de anomalias cefalométricas. Foram selecionados aleatoriamente 28 pacientes com diferentes graus de distúrbios do sono, e um grupo controle composto por 22 pacientes sem sinais clínicos destes. Todos os pacientes passaram por exame otorrinolaringológico, radiografia cefalométrica e TC craniofacial. Os autores concluíram que a Síndrome da Apnéia Obstrutiva do Sono está relacionada a mudanças com significância estatística das medidas cefalométricas; concluíram ainda que a análise cefalométrica lateral fornece informações adicionais relacionadas à avaliação anatômica do paciente com a Síndrome, porém a TC craniofacial se mostrou mais fácil e com medidas mais precisas, principalmente quando relacionada a tecidos moles.

Alves *et al.* (2008) desenvolveram este estudo com o objetivo de investigar, através de cefalometria tridimensional, o espaço aéreo superior de pacientes com respiração nasal normal que apresentam classe II e classe III esqueléticas. Avaliaram 60 adultos com maloclusão anteroposterior, sem discrepâncias verticais, que foram divididos em 2 grupos baseados na relação molar de classe II ou III. Apesar dos valores com diferença estatisticamente significativa para dimensões da mandíbula em classe II e classe III, as variações das medidas do espaço aéreo não tiveram significância. A distância entre a área retroglossal e a espinha foi a única com diferença significativa, mostrando valores maiores para classe III. De acordo com todos os aspectos observados e discutidos no presente estudo, os autores concluíram que a comparação do espaço aéreo de pacientes com respiração nasal normal sugere não haver diferença estatística entre classes II e III esqueléticas.

Moro *et al.* (2009) tiveram como objetivo comparar o nível de precisão ao avaliar a inclinação do plano oclusal de 10 pacientes com assimetria facial, utilizando análise em 3D a partir de imagens de TC, análise de modelos de gesso montados em articulador e análise cefalométrica em 2D, manual e computadorizada, em cefalogramas frontal e lateral. A distância entre um plano de referência e o primeiro

molar superior, e entre este plano e o canino superior foram medidas, nas 3 modalidades, e comparadas. Os dados quantitativos da inclinação do plano oclusal foram semelhantes, mas a TC em 3D oferece uma melhor representação da anatomia, reduzindo problemas de interpretação de alterações anatômicas. Os autores concluíram que a TC estaria indicada para casos complexos de assimetria craniofacial, em que uma reprodução mais precisa da anatomia individual poderia ajudar na obtenção de resultados cirúrgicos.

Terajima *et al.* (2009) construíram um modelo padrão em 3D baseado em imagens de TC de japoneses adultos, homens e mulheres, com faces bem balanceadas e oclusão normal. Para testar a viabilidade de avaliar os efeitos quantitativos de uma cirurgia, imagens de TC em 3D, pré e pós-operatórias, de um homem e uma mulher japoneses foram sobrepostas às faces padrão. Quando as imagens dos pacientes foram comparadas ao seu modelo correspondente, foi possível entender, de uma maneira fácil e precisa, a fonte de qualquer deformidade e sua magnitude. Dessa forma, esse método se mostrou eficiente para aplicação clínica de rotina no diagnóstico de pacientes com deformações da mandíbula e outras maloclusões.

### **3.2 Tomografia computadorizada de feixe cônico**

O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico representa o desenvolvimento de um tomógrafo relativamente pequeno e de menor custo, especialmente indicado para a região dentomaxilofacial. O aparelho de TC de feixe cônico é muito compacto e assemelha-se ao aparelho de radiografia panorâmica. Geralmente o paciente é posicionado sentado, mas em alguns aparelhos acomoda-se o paciente deitado (GARIB *et al.*, 2007).

Os programas de TC de feixe cônico, igualmente à TC tradicional, permitem a reconstrução multiplanar do volume escaneado, ou seja, a visualização de imagens

axiais, coronais, sagitais e oblíquas, assim como a reconstrução em 3D (GARIB *et al.*, 2007).

Adicionalmente, o programa permite gerar imagens bidimensionais, réplicas das radiografias convencionais utilizadas na Odontologia, como a panorâmica e as telerradiografias em norma lateral e frontal, função denominada reconstrução multiplanar em volume, que constitui outra importante vantagem da TC de feixe cônico (SCARFE *et al.*, 2006; GARIB *et al.*, 2007).

Os cortes axiais são selecionados pelo operador em uma visão lateral da cabeça, semelhante ao scout, e são considerados reconstruções primárias ou diretas. Cada corte contíguo pode apresentar uma espessura mínima inferior a 1mm. A partir do corte axial, obtêm-se as reconstruções secundárias, incluindo as reconstruções coronais, sagitais, os cortes perpendiculares ao contorno dos arcos dentários (ortorradiais ou trans-axiais), as reconstruções em 3D e as imagens convencionais bidimensionais (GARIB *et al.*, 2007).

Lascaia *et al.* (2004) tiveram como objetivo avaliar a precisão de medidas lineares em imagens de TCFC, obtidas com o tomógrafo NewTom (NewTom 9000; Quantitative Radiology, Verona, Itália). Foram obtidas 13 medidas lineares reais, diretamente nos crânios, e depois estes foram submetidos ao exame por imagem. As medidas tomográficas foram obtidas utilizando cortes axiais de 2mm, e reconstruções sagital ou coronal. Os resultados mostraram que as medidas reais foram sempre maiores que aquelas por TCFC, mas essas diferenças tiveram significância apenas para as medidas das estruturas internas da base do crânio. Essas estruturas foram: sulco do seio petroso posterior direito e esquerdo; processo clinóide posterior direito e esquerdo; processos clinóides anteriores, direito e esquerdo; lâmina lateral do processo pterigóide direito e esquerdo. As conclusões desse estudo são que, embora as imagens por TCFC subestimem as distâncias reais entre os pontos do crânio, essa diferença apenas tem significância para a base do crânio e, portanto, medidas lineares de outras estruturas associadas às imagens dentomaxilofaciais são confiáveis.

Hilgers *et al.* (2005) compararam 4 modalidades radiográficas - reconstrução multiplanar (RMP) oblíqua com iCAT (Imaging Sciences International, Pensilvânia, EUA) a partir de TCFC e 3 cefalogramas – lateral, PA e submentovertex - com as medidas anatômicas da articulação temporomandibular (ATM) de 11 crânios secos.

Todas as medidas a partir das reconstruções de TCFC com iCAT foram precisas e reproduziram muito bem a ATM em 3D. No entanto, 3 de 5 das medidas a partir de radiografias laterais, 4 das 5 de PA e 4 das 6 de submentovertex variaram significativamente das medidas anatômicas reais. Hilgers *et al.* concluíram que RMPs oblíquas a partir de TCFC com iCAT fornecem medidas lineares precisas e confiáveis da mandíbula e das dimensões da ATM.

Cevidanes *et al.* (2006) concluíram, em sua revisão da literatura, que as reconstruções radiográficas panorâmicas, lateral e posteroanterior obtidas a partir da TCFC podem ser comparadas com exames radiográficos pré-existentes. Essas ferramentas ajudam a fazer uma associação entre as imagens em 2D e as em 3D.

Farman e Scarfe (2006) utilizaram 3 métodos diferentes para simular cefalogramas tradicionais em 2D a partir de imagens de TCFC. O primeiro método exportou a radiografia lateral *scout*, tirada previamente. O segundo utilizou a imagem base, tomada lateralmente à cabeça do paciente, que mostra menos distorção entre os lados direito e esquerdo, e corresponderam às projeções cefalométricas lateral e PA. A terceira técnica envolveu a manipulação do conjunto de dados volumétricos, sobrepondo todos os cortes sagitais gerados e obtendo uma única fatia sagital mais espessa. Os três métodos replicaram projeções cefalométricas em 2D, sendo que o primeiro forneceu somente o cefalograma lateral, o segundo ambos os cefalogramas lateral e PA e o terceiro, usando dados volumétricos, desenvolveu imagens cefalométricas nos 3 planos ortogonais. Farman e Scarfe concluíram que muitos sistemas de TCFC permitem reconstruções semelhantes a projeções cefalométricas tradicionais. No entanto, algumas precauções são necessárias para garantir uma dose de radiação tão baixa quanto possível.

Kumar *et al.* (2007) compararam medidas cefalométricas de cefalogramas laterais sintetizados a partir de TCFC usando projeções ortogonal e de perspectiva com medidas de cefalogramas em radiografias convencionais e em crânios secos. Dez crânios secos foram usados para a obtenção das imagens; nove medidas lineares e cinco angulares foram feitas com o *software* Dolphin 3D (Dolphin Imaging & Management Systems, California, EUA) em três momentos diferentes. Medidas físicas de pontos na linha médio-sagital foram obtidas diretamente dos crânios secos. Nas projeções de perspectiva, as medidas lineares médio-sagitais obtidas

foram significativamente maiores do que as medidas físicas, e nas imagens radiográficas convencionais foram significativamente menores. A precisão foi significativamente melhor nas medidas feitas em imagens de projeção ortogonal. Projeções ortogonais a partir de TCFC, portanto, fornecem medidas médio-sagitais mais precisas do que projeções de perspectiva ou radiografias cefalométricas convencionais.

Moshiri *et al.* (2007) conduziram um estudo ex-vivo, utilizando 23 crânios secos, com o objetivo de quantificar a precisão de cefalogramas derivados de TCFC utilizando imagens *ray-sum*, imagens *scout* obtidas de TCFC, e imagens *single-frame* de TCFC comparadas a cefalogramas tradicionais e às medidas anatômicas reais. As imagens foram importadas pelo *software* Dolphin para computar as medidas lineares. As análises foram repetidas 3 vezes e comparadas estatisticamente com as medidas anatômicas reais. O estudo concluiu que, para a maioria das medidas cefalométricas em 2D, as imagens laterais em 2D simuladas a partir de TCFC se mostraram mais precisas do que as cefalometrias laterais convencionais. No entanto, não houve ganho adicional utilizando imagens *ray-sum* a partir de dados volumétricos das TCFC.

Kumar *et al.* (2008) realizaram um estudo in-vivo com o objetivo de comparar medidas de cefalogramas laterais obtidos de TCFC (utilizando projeções ortogonais e de perspectiva a partir de modelos virtuais em 3D) com cefalometrias radiográficas tradicionais. Foram obtidas imagens de 31 pacientes, e os dados volumétricos das TCFC foram importados pelo Dolphin 3D. Vinte medidas lineares e cinco angulares foram obtidas de ambos os métodos e, com exceção do ângulo Plano de Frankfurt-Plano da Mandíbula, todas as demais medidas lineares e angulares não apresentaram diferença estatística para nenhuma das modalidades. Os autores concluíram que mensurações in-vivo de cefalogramas sintetizados a partir de TCFC são similares àqueles baseados em imagens radiográficas convencionais; portanto, o uso dessas imagens pode ser recomendado como uma alternativa aos cefalogramas tradicionais quando uma TCFC já foi solicitada por outros motivos, evitando exposição adicional a novas tomadas radiográficas.

Periago *et al.* (2008) compararam a precisão de medidas lineares feitas em imagens volumétricas de TCFC geradas pelo *software* Dolphin 3D, com as medidas

obtidas diretamente de 23 crânios secos. Diferenças significativas foram encontradas entre todas as medidas sagitais, exceto Na-A e 6 de 12 medidas bilaterais; 90% das diferenças foram menos de 2mm, e os intervalos de confiança foram todos menores que 2mm, exceto em Ba-ANS (3,32mm) e Pog-Go esquerdo (2,42mm). Os autores concluíram que embora muitas das medidas lineares obtidas a partir das imagens volumétricas de TCFC tenham diferenças estatisticamente significativas das medidas anatômicas, a maioria pode ser considerada clinicamente precisa para análise craniofacial.

Yamashina *et al.* (2008) avaliaram a confiabilidade de valores e medidas dimensionais do espaço aéreo da orofaringe obtidos por TCFC quando comparados àqueles obtidos por TC *multi-detector*. Foi utilizado um manequim feito com material equivalente à imagem de tecidos moles, contendo cavidades de diferentes tamanhos. Um voluntário também foi examinado, usando os dois métodos, para comparação clínica. Os valores da TCFC foram bem diferentes dos obtidos usando o sistema TC *multi-detector*. A avaliação *in vivo* mostrou que os valores da TCFC para gordura teve uma grande variação, que se confundiu com os valores para músculo. Todas as medidas de distâncias maiores que 4 mm foram consistentes para todos os métodos. A diferença para as cavidades foi menor que 0,2 mm. O estudo do manequim mostrou que a TCFC fornece valores quantitativos limitados para cada pixel nos cortes de imagens para diferenciar ar, água e tecidos moles. No entanto, as medidas do espaço aéreo com TCFC foram bem precisas.

De Oliveira *et al.* (2009) avaliaram a reprodutibilidade da identificação de pontos cefalométricos utilizando TCFC. Vinte tomografias foram selecionadas aleatoriamente, de 159 pacientes ortognáticos pré-cirurgia; três observadores treinados identificaram três vezes os 30 pontos cefalométricos em cortes sagital, coronal e axial. A reprodutibilidade intra e interobservadores foi excelente. Os autores concluíram que a identificação de pontos cefalométricos em 3D usando TCFC pode fornecer dados consistentes e reproduzíveis, se um protocolo de treinamento e calibração dos observadores for seguido.

Moerenhout *et al.* (2009) realizaram um estudo com os objetivos de: (1) determinar a precisão de uma reconstrução em 3D a partir de TCFC, tendo como modelo uma cabeça de manequim, e utilizando dois diferentes *softwares* processadores de imagem; (2) avaliar a reprodutibilidade das distâncias entre pontos

cefalométricos marcados nas imagens da face do mesmo manequim. Os arquivos DICOM da TCFC, reconstruídos pelos *softwares* Maxilim® (Medicim N.V., Mechelen, Bélgica) e Mimics® (Materialise N.V., Leuven, Bélgica), foram comparados aos dados obtidos com um escaneamento óptico dos manequins e provaram ser precisos – o primeiro teve uma média de desvio de 1,9mm e o segundo de 1,8mm. A reprodutibilidade intra e interobservadores para as distâncias entre os pontos cefalométricos foi determinada pelo cálculo do Coeficiente de Correlação de Pearson (CCP) e do Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI), e se mostrou satisfatória para situações em que medidas lineares entre pontos da face são requeridas, como para avaliação pré-operatória de cirurgias ortognáticas.

Cattaneo *et al.* (2009) compararam cefalogramas convencionais aos gerados por TCFC, através da avaliação, por três observadores calibrados, dos cefalogramas de 34 pacientes previamente selecionados, que haviam feito os dois tipos de exame nos últimos 6 meses. Dois tipos de imagens foram obtidas a partir da TCFC – Projeção de Máxima Intensidade (PMI) e *RayCast*, totalizando, junto com os cefalogramas convencionais, em três diferentes tipos de imagem. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as 3 modalidades. Os autores concluíram que os cefalogramas sintetizados a partir de TCFC podem ser usados com sucesso para realizar análise cefalométrica; a técnica *RayCast* se mostrou superior à PMI por apresentar menores variações das medidas, e também por não necessitar preparo prévio das imagens para visualizar as estruturas da análise cefalométrica.

Van Vlijmen *et al.* (2009) avaliaram se mensurações feitas com cefalometria radiográfica convencional são comparáveis a mensurações em TCFC, utilizando 40 crânios secos e um *software* cefalométrico padrão para identificar os pontos e calcular as distâncias e ângulos. O mesmo operador identificou 15 pontos em ambos os tipos de imagens, 5 vezes em cada uma, com um intervalo de 1 semana entre as identificações. A confiabilidade intraobservadores foi boa para todas as medidas; a reprodutibilidade das medidas obtidas a partir das imagens de TCFC foi melhor, quando comparadas àquelas da cefalometria convencional. Não foram encontradas diferenças clinicamente significantes entre as medidas obtidas a partir das cefalometrias convencionais e a partir de TCFC; os dois métodos são, portanto, comparáveis e passíveis de estudos longitudinais de acompanhamento em pacientes que possuam ambos os dados 2D e 3D.

Hassan *et al.* (2008) tiveram como objetivos em seu estudo avaliar a precisão de medidas lineares em imagens em 3D geradas por TCFC, e compará-las àquelas feitas em cortes tomográficos em 2D e em projeções lateral e PA em 2D; a influência da posição da cabeça na precisão das medidas também foi avaliada, para estabelecer recomendações para TCFC na prática ortodôntica. Oito crânios secos humanos foram escaneados duas vezes pelo tomógrafo NewTom nas posições ideal e rotada; dez distâncias lineares foram selecionadas para as medidas cefalométricas. As medidas físicas (diretamente nos crânios secos) e radiográficas foram repetidas duas vezes por três observadores independentes e foram comparadas usando análise de variância. As medidas radiográficas nas imagens em 3D estavam mais próximas das medidas físicas do que as medidas nos cortes e nas projeções lateral e PA em 2D. Foi encontrada diferença significativa entre a posição ideal e rotada apenas para as projeções em 2D. Os achados indicam que mensurações baseadas em TCFC em 3D são precisas e que pequenas variações na posição da cabeça do paciente não influenciam na acurácia das medidas.

Brown *et al.* (2009) compararam a confiabilidade e a precisão de medidas lineares entre pontos cefalométricos em imagens volumétricas em 3D obtidas a partir de TCFC variando a base de projeção, com medidas físicas diretas dos crânios secos. Foram utilizadas dezesseis medidas lineares entre 24 pontos marcados em 19 crânios secos. Os crânios foram escaneados por um tomógrafo iCAT (Imaging Sciences International, Pensilvânia, EUA) em três diferentes projeções: (a) 153, (b) 306 e (c) 612. Não foram encontradas diferenças de erro absoluto médio entre as diferentes projeções, para quase todas as medidas. TCFC resultou em medidas menores para 9 dimensões e em uma medida maior para 1 dimensão; não foram encontradas diferenças entre as sequências de projeções. Os autores concluíram que a redução do número de projeções para reconstruções em 3D não leva à redução da precisão dimensional, e reduz potencialmente a exposição do paciente à radiação.

Van Vlijmen *et al.* (2009) avaliaram se as medidas em cefalometrias frontais convencionais são comparáveis a medidas em cefalometrias frontais obtidas a partir de TCFC, em 40 crânios secos. O mesmo operador identificou 10 pontos, nos dois tipos de cefalometria, 5 vezes, com uma semana de intervalo entre as identificações. A confiabilidade intra-observadores foi aceitável para todas as medidas. A reprodutibilidade das medidas em TCFC foi maior do que em cefalometria

convencional. Foram encontradas diferenças com significância clínica e estatística entre as medidas em ambas as modalidades; nas medidas angulares, foram encontradas diferenças com relevância clínica, devido a diferentes posições do paciente nos dois aparelhos. A posição do paciente no tomógrafo parece ser um fator importante em casos em que uma projeção em 2D é obtida a partir do escaner em 3D.

Chien *et al.* (2009) tiveram como objetivo comparar a reprodutibilidade da identificação de pontos em imagens obtidas de pacientes com TCFC em 3D e cefalograma lateral em 2D. Dez radiografias digitais cefalométricas, e suas imagens de TCFC correspondentes foram selecionadas aleatoriamente a partir da base de dados de uma clínica privada. Vinte e sete observadores identificaram 27 pontos digitalmente nas duas modalidades. As coordenadas x e y de cada ponto, indicando as posições horizontal e vertical, foram analisadas quanto a confiabilidade interobservador, comparando cada medida ao seu melhor valor estimado. A confiabilidade intraobservador também foi avaliada. Baseados nos resultados, os autores concluíram que a modalidade TCFC permite um melhor discernimento entre estruturas sobrepostas, e uma melhora na visualização de estruturas anatômicas e pontos. Os observadores puderam utilizar o sistema 3D para identificar mais precisamente pontos que tradicionalmente são mais difíceis de localizar em imagens em 2D. De acordo com esse estudo, a identificação de pontos utilizando a tecnologia 3D tem a mesma confiabilidade clínica do que a análise cefalométrica tradicional em 2D. A tecnologia 3D seria mais útil para precisar medidas que são importantes na avaliação do crescimento e efeito de tratamentos.

Berco *et al.* (2009) realizaram um estudo com o objetivo de determinar a acurácia e a confiabilidade das medidas cranio-faciais obtidas de TCFC de um crânio seco. Foram marcados 17 pontos no crânio seco, e obtidas TCFC com o crânio em duas posições diferentes – com o plano de frankfurt paralelo ao solo e com o plano de frankfurt inclinado em aproximadamente 45° ao solo, ambas com o plano sagital perpendicular. Vinte e nove distâncias entre os pontos foram medidas diretamente no crânio e comparadas as mesmas medidas feitas na TCFC. Todas as medidas foram feitas por 2 operadores em 4 ocasiões diferentes. Não foram encontradas diferenças com significância estatística intra e interoperadores; também não houve diferença significativa entre as medidas em TCFC nas duas posições, nem entre essas e as medidas feitas no crânio. Os autores concluíram que o

tomógrafo iCAT, utilizado nesse estudo, permite acurácia e reprodutibilidade clínicas das medidas lineares em 3D; a orientação do crânio no tomógrafo não influencia na acurácia das medidas.

Van Vlijmen *et al.* (2009) tiveram como objetivo em seu estudo avaliar se medidas feitas em radiografias frontais são comparáveis a medidas feitas em modelos em 3D derivados de TCFC, e se esses podem ser usados em estudos longitudinais. Foram obtidas radiografias frontais e modelos em 2D a partir de TCFC de 40 crânios secos previamente selecionados. Um *software* padrão foi utilizado para identificar os pontos e calcular os ângulos por um mesmo observador, que identificou 10 pontos em todas as imagens 5 vezes, com um intervalo de 1 semana; a confiabilidade intra-observador foi aceitável para todas as medidas. Os autores encontraram diferenças estatística e clinicamente significantes entre as medidas de um mesmo crânio; e houve diferenças clinicamente relevantes entre as medidas angulares. A utilização de modelos em 3D, portanto, não está indicada em estudos longitudinais.

Lamichane *et al.* (2009) tiveram como objetivo determinar se imagens em 2D produzidas a partir de imagens de um tomógrafo iCAT podem substituir cefalogramas tradicionais. Devido as dificuldades de medir pontos internos em crânios secos, este estudo utilizou um manequim fabricado com 5 folhas de acrílico unidas com espaçadores, com uma largura total de 115mm. Foram obtidas radiografias frontais e laterais do manequim e, a partir das imagens de TCFC, foram construídos cefalogramas frontal e lateral em 2D, utilizando a função 3D do Dolphin; cada imagem foi construída de duas formas: ortogonal com 0% de magnificação e perspectiva com aproximadamente 10% de magnificação. Dois observadores traçaram os pontos e obtiveram as medidas lineares, que foram comparadas para investigar a precisão das imagens geradas por TCFC. As medidas das projeções ortogonais não tiveram diferença significativa das medidas reais do manequim, e as medidas das projeções de perspectiva tiveram uma alta correlação com aquelas das radiografias tradicionais em 2D. Os autores concluíram que, ao se construir um cefalograma lateral por perspectiva a partir de imagens de TCFC, pode-se replicar a magnificação inerente a um cefalograma lateral convencional em 2D com alta precisão.

Cevidanes *et al.* (2009) tiveram como objetivo em seu estudo determinar a confiabilidade de obter medidas cefalométricas bidimensionais usando duas

diferentes orientações virtuais da cabeça a partir de modelos de TCFC. Foram selecionados aleatoriamente exames de 12 pacientes (6 classe II e 6 classe III) a partir de uma amostra de 159 pacientes. Um ortodontista, um radiologista odontológico, e um estudante de odontologia do terceiro ano orientaram, independentemente, a geração de imagens em 3D a partir do tomógrafo em Posição Natural da Cabeça (PNC) ou Planos de Referência Intracraniais em 3D (PRI 3D). Cada observador criou e digitalizou 4 cefalogramas laterais por paciente, 2 utilizando PNC e 2 com PRI 3D, com intervalos de pelo menos 3 dias. A confiabilidade de ambas as orientações virtuais da cabeça foi aceitável, porém a porcentagem de mensurações com CCI > 0.9 foi maior para PRI 3D, possivelmente devido a utilização de planos de orientação para posicionar a cabeça. Medidas com diferenças significativas entre as duas orientações da cabeça em imagens de TCFC podem afetar não apenas a confiabilidade das medidas, mas também a localização anatômica relativa e, em consequente, o diagnóstico e plano de tratamento.

Ludlow *et al.* (2009) compararam a precisão da identificação de pontos utilizando RMP com TCFC e radiografias laterais convencionais. Cinco observadores marcaram 24 pontos nos exames de 20 pacientes ortodônticos pré-cirúrgicos, em sessões separadas. Todos os pontos bilaterais tiveram precisão aumentada quando identificados nas RMP. A variabilidade mediolateral foi estatisticamente maior do que a variabilidade anteroposterior ou crânio-caudal para 5 pontos nas RMP. Os autores concluíram que as RMP a partir de TCFC possibilitam uma identificação mais precisa dos pontos cefalométricos tradicionais. Uma localização mais precisa dos pontos Condílio, Gônio e Orbitário supera o problema da sobreposição desses pontos bilaterais nas cefalometrias tradicionais. A maior variabilidade de alguns pontos na direção mediolateral está provavelmente relacionada a uma definição inadequada dos pontos em 3D.

Grauer *et al.* (2010) avaliaram diferenças sistemáticas na posição de pontos em cefalogramas gerados por TCFC e cefalogramas digitais convencionais e estimaram quanta variabilidade deve ser levada em conta quando as duas modalidades são usadas no mesmo estudo longitudinal. Os pontos em cefalogramas dos dois tipos de 46 pacientes foram digitalizados, registrados, e comparados estatisticamente. Não houve diferenças sistemáticas entre as modalidades na posição da maioria dos pontos. Três pontos mostraram diferença estatisticamente significativa, mas não tiveram significância clínica. Foi apresentado um método para

cálculo de erro quando as duas modalidades são combinadas no mesmo indivíduo. Os autores concluíram que em estudos longitudinais de acompanhamento para verificar resultados de tratamento e crescimento de um indivíduo, o erro devido a combinação das duas modalidades pode ser maior do que previamente estimado.

Delamare *et al.* (2010) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a influência de um programa de calibração profissional na variabilidade da marcação de pontos, comparando radiografias convencionais e cefalogramas sintetizados a partir de TCFC. Cinco dentistas identificaram 20 pontos em cefalogramas gerados a partir de radiografias convencionais, de imagens *ray-sum* de TCFC, e de imagens *half-skull* de TCFC de 10 pacientes. Após um período de calibração, os 5 dentistas realizaram novamente a análise, sob as mesmas circunstâncias. A análise estatística demonstrou uma redução significativa da variabilidade na marcação dos pontos após o programa de calibração; não houve diferenças entre os métodos de aquisição de imagens. Os resultados sugerem que o programa de calibração profissional tem mais influência na variabilidade da marcação dos pontos em uma análise cefalométrica bidimensional do que a forma de aquisição das imagens. Cefalogramas obtidos a partir de radiografias convencionais ou TCFC podem, portanto, ser considerados equivalentes para aplicações clínicas e experimentais.

### **3.3 Cefalometria tridimensional**

Adams *et al.* (2004) avaliaram um sistema em 3D de imagens, denominado Sculptor (Glendora, California, EUA), que identifica pontos e medidas lineares usando 3 planos espaciais derivados de 3 radiografias separadas tiradas de diferentes ângulos. Esse sistema foi comparado à cefalometria tradicional quanto à precisão de reproduzir a anatomia definida por medidas físicas obtidas diretamente de 9 crânios secos. Os resultados mostraram que o método 3D permite uma avaliação muito mais precisa, com apenas cerca de 1mm de diferença das medidas do padrão ouro, e de 4 a 5 vezes mais segura que a cefalometria tradicional.

Concluíram que o método 3D Sculptor representa uma ferramenta com maior validade para acessar o crescimento e efeitos do tratamento ortodôntico.

Nakasima *et al.* (2005) criaram um novo método para substituir a análise em 3D a partir de TC, devido ao alto custo e exposição à radiação desse método. Esse novo método cria um modelo padrão de cabeça a partir de imagens de radiografias, fotografias da face e modelos de gesso. Para obter coordenadas precisas a partir do cefalograma, algumas equações foram introduzidas para compensar distorções e ampliações da imagem radiográfica. Os modelos da cabeça construídos em 3D mostraram ser semelhantes às reconstruções tomográficas e podem ser visualizados em qualquer ângulo desejado em um computador pessoal. Esses modelos são considerados suficientemente precisos para aplicações clínicas de rotina, e o seu uso evita a exposição dos pacientes a altas doses de radiação.

Lagravère e Major (2005) propuseram um ponto de referência que validasse o uso de imagens em 3D em substituição das tradicionais imagens em 2D. Este ponto, localizado equidistante ao centro do forame espinhoso e denominado ELSA, foi marcado com as coordenadas  $x=0$ ,  $y=0$  e  $z=0$  nas imagens de TCFC de 10 pacientes adolescentes escolhidos aleatoriamente. Os pontos cefalométricos tradicionais foram localizados nas imagens volumétricas, e as suas coordenadas foram determinadas a partir dessa referência. O ponto ELSA apresentou uma alta confiabilidade e se mostrou adequado para a análise cefalométrica em 3D.

Lagravère *et al.* (2006) propuseram alguns pontos e planos para padronizar a orientação das imagens em 3D. Para determinar os planos de orientação, o ponto de referência ELSA foi localizado, e a ele foi dada as coordenadas  $x=0$ ,  $y=0$  e  $z=0$ . Depois, pontos localizados na borda superior lateral do meato acústico externo em ambos os lados e no meio do forame magno foram localizados. As coordenadas desses pontos foram estabelecidas (em milímetros) com relação ao ELSA. O plano axial-horizontal ( $x$ - $y$ ) foi determinado usando os pontos direito e esquerdo do meato acústico externo (chamados de rSLEAM e ISLEAM) e o ELSA. Depois o plano sagital-vertical ( $z$ ) foi determinado perpendicular ao  $x$ - $y$  e passando pelo ELSA e pelo ponto do forame magnum, chamado de MDFM. Esses quatro pontos – ELSA, rSLEAM, ISLEAM e MDFM – apresentaram alta intraconfiabilidade ao localizá-los em

imagens em 3D. Os planos x-y e z-y formados pelos respectivos pontos são uma forma adequada de padronizar a orientação das imagens em 3D.

Park *et al.* (2006) propuseram um novo tipo de análise cefalométrica usando TC em 3D. Imagens axiais de 30 pacientes foram reconstruídas em modelos em 3D usando o Vworks 4.0 (Cybermed, Seul, Coreia do Sul). Os modelos em 3D foram medidos com o Vsurgery (Cybermed, Seul, Coreia do Sul). O zigoma, maxila, mandíbula e convexidade facial foram analisados. Os resultados foram comparados com as médias dos coreanos, e não foram encontradas diferenças com significância estatística. Os pontos marcados foram passíveis de reprodução. Park *et al.* concluíram que imagens tomográficas em três dimensões podem fornecer informações para uso no diagnóstico e plano de tratamento.

Olszewski *et al.* (2007) teve como objetivo em seu estudo transformar, adaptar e validar, experimentalmente, a análise cefalométrica em 2D para 3D. Foram usados 26 crânios secos, 2 observadores, 2 identificações, 9 distâncias medidas, e dois métodos, resultando em 1872 medidas, para testar a reprodutibilidade do método 3D. Também foram feitas comparações intra e inter observadores, sendo que o método 3D teve melhores resultados. Não houve diferença significativa da precisão das medidas obtidas com o método 3D, quando comparado com medidas obtidas diretamente dos crânios secos. O estudo confirmou o *software* utilizado como uma ferramenta confiável para desenvolver análises cefalométricas em 3D a partir de TC. Novos estudos são necessários para a validação clínica deste método.

Terajima *et al.* (2008) introduziram um novo método para comparar a morfologia padrão dos tecidos duros e moles da face antes e depois de uma cirurgia ortognática. Foram obtidas TC da cabeça de 10 mulheres selecionadas para o estudo, onde foram marcados pontos cefalométricos e pontos em tecido mole, e calculados média e desvio padrão das medidas faciais. Esses dados foram comparados aos dados pré e pós operatórios de uma mulher submetida a uma cirurgia ortognática. Os resultados, expressos em números, puderam ser fácil e precisamente comparados; foi possível localizar a fonte da deformidade e determinar sua magnitude, em 3D, para planejar o procedimento cirurgico. Os autores concluíram que esse método tem valor clínico e pode ser usado como rotina.

Lagravère *et al.* (2009) tiveram como objetivo avaliar a confiabilidade intra e interexaminadores de pontos cefalométricos em TCFC, previamente utilizados em cefalometria tradicional. Vinte e quatro exames foram selecionados aleatoriamente de pacientes participando de um ensaio clínico envolvendo expansão da maxila. O investigador principal localizou os pontos 5 vezes, e 4 outros investigadores localizaram os pontos uma vez. A confiabilidade intra e inter-examinadores, determinada pelo CCI, foi aceitável, sendo maior que 0.80. Os pontos Ekm, superfície vestibular e ápices dos molares, pré-molares e caninos superiores, e superfície vestibular dos molares e caninos inferiores são adequados para verificar resultados de expansão de maxila. Forame espinhoso, ELSA, AEM, e MDFM demonstraram confiabilidade adequada e poderiam ser usados para determinar um sistema de referência padronizado; no entanto, é necessária análise adicional para verificar se são adequados.

### **3.4 Dose de radiação**

Lecomber *et al.* (2001) compararam a dose de radiação absorvida por órgãos e tecidos quando submetidos a métodos radiográficos convencionais (radiografia panorâmica, cefalometria tradicional e tomografia linear) e à tomografia computadorizada (TC), utilizando um manequim contendo dosímetros de Fluoreto de Lítio termoluminescentes (TLD) para medir as doses. Os tecidos glandulares foram os que mais receberam radiação, independente do método utilizado. A Dose Efetiva, calculada com base no método do ICRP (que exclui os tecidos salivares do cálculo) foi de 0,004  $\mu\text{Sv}$  para a panorâmica, 0,002  $\mu\text{Sv}$  para a cefalometria tradicional e 0,002  $\mu\text{Sv}$  para a tomografia linear utilizando radiografia panorâmica; enquanto que a dose da TC foi de 0,314  $\mu\text{Sv}$ . O cálculo da Dose Efetiva modificado, incluindo os tecidos salivares, foi de duas a cinco vezes maior. Os autores concluíram que as doses absorvidas aumentam significativamente quando se inclui os tecidos salivares no cálculo, especialmente em procedimentos de alta dose.

Connor *et al.* (2007) propuseram uma série de protocolos de baixa dose para TC tridimensional, com uma dose efetiva semelhante às aquelas de radiografias convencionais (0,011 - 0,032  $\mu\text{Sv}$ ) usadas para acessar assimetria craniofacial. Os autores tiveram como objetivo acessar a precisão e a acurácia de pontos cefalométricos obtidos a partir de crânios *ex vivo* utilizando esses protocolos. Foram construídos 4 protocolos de baixa dose (5 mAs, *pitch* 1,375/1,75; 10 mAs, *pitch* 1,375/1,75). Para cada protocolo, 2 observadores avaliaram 17 pontos em duas diferentes ocasiões. Um protocolo de alta dose foi usado como referência (300 mAs). Foram calculadas a acurácia das imagens em 2D e em 3D em relação ao protocolo de referência, e a precisão intra e inter-observadores. Com o uso do protocolo de 10 mAs/1,375 *pitch*, foi possível obter acurácia de menos de 2 mm para quase todos os pontos cefalométricos com um intervalo de precisão semelhante ao protocolo de alta dose. Embora a dose efetiva estimada de 0,035  $\mu\text{Sv}$  tenha sido um pouco maior do que a das radiografias convencionais (0,011 - 0,032  $\mu\text{Sv}$ ), houve o benefício adicional da disponibilidade de dados em 3D. Os protocolos de 10 mAs permitiram acurácia e precisão superiores aos protocolos de 5 mAs e, portanto, estão mais propensos a ter aplicação clínica.

Silva *et al.* (2008) compararam a dose de radiação para imagens convencionais panorâmicas e cefalométricas com as doses para dois tipos diferentes de TCFC e um TC *multi slice* utilizadas na prática ortodôntica. A dose absorvida pelos órgãos foi medida utilizando um manequim antropomórfico com dosímetros termoluminescentes posicionados em 16 locais relacionados a órgãos sensitivos. A dose mais baixa (13,1  $\mu\text{Sv}$ ) foi recebida pela glândula tireóide durante as radiografias panorâmica e a cefalometria convencional; e a dose mais alta (15.837,2  $\mu\text{Sv}$ ) foi recebida pela pele do pescoço durante a TC *multi slice*. As doses efetivas mais altas foram, em ordem decrescente, a da TC *multi slice* (429,7  $\mu\text{Sv}$ ), TCFC iCAT (61,1  $\mu\text{Sv}$ ), TCFC NewTom 9000 (56,2  $\mu\text{Sv}$ ) e radiografias panorâmica e cefalometria convencional (10,4  $\mu\text{Sv}$ ). Os autores concluíram que, de um ponto de vista de proteção à radiação, a TCFC não está indicada para diagnóstico ortodôntico, pois as imagens convencionais têm doses bem mais baixas de radiação. No entanto, quando imagens em 3D são requeridas para a prática ortodôntica, deve-se preferir TCFC à TC *multi slice*.

Olszewski *et al.* (2008) tiveram como objetivo comparar a acurácia na identificação de pontos cefalométricos usando imagens geradas por TC com protocolos de “alta-dose” (200 mAs) e “baixa-dose” (35 mAs). A dose absorvida por órgãos radio sensíveis na região maxilofacial durante a exposição a ambos os protocolos também foi medida. Foram marcados 12 pontos cefalométricos em 15 crânios secos humanos, por dois observadores, duas vezes cada, usando os dois protocolos. No total, foram obtidas 1440 medidas. Dosímetros termoluminescentes foram colocados em 10 locais ao redor das glândulas tireóide e submandibular, e dos olhos. O protocolo de baixa dose reduziu a dose de radiação à tireóide em 6,12 vezes, às glândulas submandibulares em 5,91 vezes e aos olhos em 5,44 vezes, resultando num fator global de redução de 5,71 vezes. A acurácia na identificação dos pontos foi mantida quando os valores foram reduzidos de 200 mAs para 35 mAs. Os autores recomendam o uso do protocolo de baixa-dose para aplicações clínicas da cefalometria por TC 3D.

## 4 DISCUSSÃO

Chidiac *et al.* (2002), Cavalcanti *et al.* (2004) e Greiner *et al.* (2007) afirmam que é possível obter cefalogramas laterais a partir dos dados de TC com a mesma precisão dos cefalogramas tradicionais. Da mesma forma, segundo Farman & Scarfe (2006), Kumar *et al.* (2008), Periago *et al.* (2008), De Oliveira *et al.* (2009), Cattaneo *et al.* (2009), Van Vlijmen *et al.* (2009), Chien *et al.* (2009), Lamichane *et al.* (2009), Grauer *et al.* (2010), e Delamare *et al.* (2010), cefalogramas obtidos a partir de TCFC também podem ser considerados equivalentes aos baseados em imagens radiográficas. Já Kumar *et al.* (2007), Moshiri *et al.* (2007), Van Vlijmen *et al.* (2009), e Ludlow *et al.* (2009) afirmam que imagens de TCFC permitem uma identificação mais precisa dos pontos cefalométricos tradicionais. Chidiac *et al.* (2002), no entanto, ressaltam que considerações operacionais, como custo e logística envolvidos na obtenção da imagem tomográfica, favoreceriam o uso de imagens radiográficas.

Swennen & Schutyser (2006) afirmam que a cefalometria em 3D utilizando reconstruções feitas a partir de TC *multi slice* pode ser considerada uma ponte entre a cefalometria convencional e as modernas técnicas de imagens craniofaciais. Segundo Olszewski *et al.* (2006), Moro *et al.* (2009) e Terajima *et al.* (2009), o uso de imagens tridimensionais obtidas a partir de TC estaria indicado para casos de malformações craniofaciais complexos, pois permitiria um melhor diagnóstico e portanto um planejamento cirúrgico mais seguro.

Silva *et al.* (2008) afirmam que deve-se preferir TCFC à TC, quando imagens em 3D são requeridas para a prática ortodôntica, devido à menor dose de radiação da TCFC. Outro estudo também salienta a vantagem da reconstrução em 3D com TCFC, com menor exposição do paciente à radiação, sem prejudicar a precisão dimensional, com a redução do número de projeções (BROWN *et al.*, 2009).

Olszewski *et al.* (2008) demonstraram que é possível manter a acurácia na identificação de pontos cefalométricos quando a dose da TC é reduzida de 200mAs para 35mAs. Já Connor *et al.* (2007) afirmaram que com protocolos de 10mAs é

possível obter acurácia na marcação de pontos semelhante a um protocolo de alta dose (300mAs). Segundo Lecomber *et al.* (2001), os tecidos glandulares são os que mais recebem radiação, independente do método utilizado. Isto deve ser lembrado quando da utilização indiscriminada dos exames tomográficos, já que, de acordo com Chidiac *et al.* (2002), Cavalcanti *et al.* (2004), Farman & Scarfe (2006), Greiner *et al.* (2007), Kumar *et al.* (2008), Periago *et al.* (2008), De Oliveira *et al.* (2009), Cattaneo *et al.* (2009), Van Vlijmen *et al.* (2009), Chien *et al.* (2009), Lamichane *et al.* (2009), Grauer *et al.* (2010), e Delamare *et al.* (2010), a precisão da cefalometria obtida a partir de reconstruções tomográficas é semelhante as convencionais.

Cevidanes *et al.* (2006) e Kumar *et al.* (2008) afirmam que, por serem similares aos cefalogramas tradicionais, cefalogramas sintetizados a partir de TCFC podem ser utilizados como uma alternativa quando uma TCFC já foi solicitada por outros motivos, evitando exposição adicional. Em 2009, Van Vlijmen *et al.* concluíram em seu estudo que cefalometrias radiográficas convencionais e cefalometrias em radiografias laterais obtidas a partir de TCFC são comparáveis e passíveis de estudos longitudinais de acompanhamento em pacientes que possuam ambos os dados. Entretanto, segundo um novo estudo publicado por Van Vlijmen *et al.* no mesmo ano, medidas obtidas em modelos em 3D construídos a partir de TCFC não são comparáveis a cefalometrias convencionais frontais, e portanto não devem ser usadas em estudos longitudinais em que os dados anteriores são em duas dimensões.

Lamichane *et al.* (2009) e Kumar *et al.* (2007) afirmaram que cefalogramas laterais construídos por perspectiva a partir de TCFC podem replicar a magnificação inerente aos cefalogramas laterais convencionais em 2D com alta precisão. No entanto, as medidas obtidas em imagens por projeções ortogonais, sem magnificação, apresentam uma maior precisão quando comparadas às medidas físicas reais (KUMAR *et al.*, 2007).

A posição da cabeça da cabeça no tomógrafo parece ser um fator importante em casos em que uma projeção em 2D é obtida a partir do escaner em 3D, segundo Hassan *et al.* (2008), Van Vlijmen *et al.* (2009), e Cevidanes *et al.* (2009). Porém, em reconstruções tridimensionais a partir de TCFC a posição da cabeça no tomógrafo

parece não influenciar a acurácia das medidas (HASSAN *et al.*, 2008; BERCO *et al.*, 2009).

Alguns autores afirmam que medidas cefalométricas obtidas em imagens laterais simuladas a partir de TCFC são mais precisas do que as obtidas em cefalometrias laterais convencionais (LASCALA *et al.*, 2004; MOSHIRI *et al.*, 2007; PERIAGO *et al.*, 2008; LUDLOW *et al.*, 2009). Além disso, as imagens de reconstruções tomográficas permitem uma localização muito mais precisa de pontos como o gônio, condílio e orbitário, superando o problema da sobreposição desses pontos bilaterais (LUDLOW *et al.*, 2009). Para De Oliveira *et al.* (2009) e Delamare *et al.* (2010), no entanto, a aplicação de um programa de calibração profissional teria mais influência na variabilidade da marcação dos pontos em uma análise cefalométrica bidimensional do que a forma de aquisição das imagens, visto que a possibilidade de realização de exames com meia face não diminuiu a dificuldade de marcação, estando a precisão mais relacionada com a concepção individual do que com o tipo de exame (DELAMARE *et al.*, 2010).

## 5 CONCLUSÃO

Com base nesta revisão de literatura pode-se concluir que a análise cefalométrica realizada a partir da tomografia computadorizada possui resultados satisfatórios em comparação à realizada com telerradiografias convencionais. Cabe ressaltar, no entanto, que essa última possui menor custo e menor exposição à radiação, o que deve ser considerado no momento da escolha. O uso de imagens a partir de TC estaria indicado, apenas, para casos de malformações craniofaciais complexas, pois permitiria um melhor diagnóstico. Nesses casos, deve-se preferir a TCFC à TC médica, devido a menor dose de radiação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724: Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação.** Rio de Janeiro, 2005. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023: Informação e documentação – Referências – Elaboração.** Rio de Janeiro, 2002. 24p.

ADAMS, G. L.; GANSKY, S. A.; MILLER, A. J.; HARRELL, W. E. Jr.; HATCHER, D. C. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2004 Oct;126(4):397-409.

ALVES, P. V.; ZHAO, L.; O'GARA, M.; PATEL, P. K.; BOLOGNESE, A. M. Three-dimensional cephalometric study of upper airway space in skeletal class II and III healthy patients. **J Craniofac Surg.** 2008 Nov;19(6):1497-507.

BAPTISTA, N. M.; CAMPOS, C. de C. **Metodologia de pesquisa em ciências: análises quantitativa e qualitativa.** Rio de Janeiro: LTC, 2007. 300 p.

BASKIN H. N.; CISNEROS G.J. A comparison of two computer cephalometric programs. **J Clin Orthod.** 1997 Apr;31(4):231-3.

BECKER, L.; BARISON, G. F.; BARISO, J. C. Cefalometria computadorizada e documentação ortodôntica digital. In: FREITAS, A.; ROSA, J. E.; SOUZA, I. F. **Radiologia Odontológica.** São Paulo: Artes Médicas, 2004. Cap. 30, p. 615-624.

BERCO, M.; RIGALI, P. H. JR.; MINER, R.M.; DELUCA, S.; ANDERSON, N. K.; WILL, L. A. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2009 Jul;136(1):17.e1-9.

BROWN, A. A.; SCARFE, W. C.; SCHEETZ, J. P.; SILVEIRA, A. M.; FARMAN, A. G. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. **Angle Orthod.** 2009 Jan;79(1):150-7.

CATTANEO, P. M.; BLOCH, C. B.; CALMAR, D.; HJORTSHØJ, M.; MELSEN, B. Comparison between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2008 Dec;134(6):798-802.

CAVALCANTI, M. G.; ROCHA, S. S.; VANNIER, M. W. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications. **Dentomaxillofac Radiol.** 2004 May;33(3):170-6.

CEVIDANES, L. H.; STYNER, M. A.; PROFFIT, W. R. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006 May;129(5):611-8.

CEVIDANES, L.; OLIVEIRA, A. E.; MOTTA, A.; PHILLIPS, C.; BURKE, B.; TYNDALL, D. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. **Angle Orthod.** 2009 Sep;79(5):971-7.

CHIDIAC J. J.; SHOFER, F. S.; AL-KUTOUB, A.; LASTER, L. L.; GHAFARI, J. Comparison of CT scanograms and cephalometric radiographs in craniofacial imaging. **Orthod Craniofac Res.** 2002 May;5(2):104-13.

CHIEN, P. C.; PARKS, E. T.; ERASO, F.; HARTSFIELD, J. K.; ROBERTS, W. E.; OFNER, S. Comparison of reliability in anatomical landmark identification using two-dimensional digital cephalometrics and three-dimensional cone beam computed tomography in vivo. **Dentomaxillofac Radiol.** 2009 Jul;38(5):262-73.

CONNOR, S. E.; ARSCOTT, T.; BERRY, J.; GREENE, L.; O'GORMAN, R. Precision and accuracy of low-dose CT protocols in the evaluation of skull landmarks. **Dentomaxillofac Radiol.** 2007 Jul;36(5):270-6.

DE OLIVEIRA, A. E.; CEVIDANES, L. H.; PHILLIPS, C.; MOTTA, A.; BURKE, B.; TYNDALL, D. Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2009 Feb;107(2):256-65.

FARMAN, A. G.; SCARFE, W. C. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006 Aug;130(2):257-65.

FARMAN, A. G.; SCARFE, W. C. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006;130(2):257-265.

GARIB, D. G.; RAYMUNDO JR., R.; RAYMUNDO, M. V.; RAYMUNDO, D. V.; FERREIRA, S. N. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial.** Mar./Abr. 2007; v. 12, n. 2, p. 139-156.

GRAUER, D.; CEVIDANES, L. S.; STYNER, M. A.; HEULFE, I.; HARMON, E. T.; ZHU, H.; PROFFIT, W. R. Accuracy and landmark error calculation using cone-beam computed tomography-generated cephalograms. **Angle Orthod.** 2010 Mar;80(2):286-94.

GREINER, M.; GREINER, A.; HIRSCHFELDER, U. Variance of landmarks in digital evaluations: comparison between CT-based and conventional digital lateral cephalometric radiographs. **J Orofac Orthop.** 2007 Jul;68(4):290-8.

HALAZONETIS, D. J. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2005 May;127(5):627-37.

HASSAN, B.; VAN DER STELT, P.; SANDERINK, G. Accuracy of three-dimensional measurements obtained from cone beam computed tomography surface-rendered images for cephalometric analysis: influence of patient scanning position. **Eur J Orthod.** 2009 Apr;31(2):129-34.

HILGERS, M. L.; SCARFE, W. C.; SCHEETZ, J. P.; FARMAN, A. G. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2005 Dec;128(6):803-11.

KAMIISHI, H.; MIYASATO, Y.; KOSAKA, M. Development of the 3D-cephalogram: a technical note. **J Craniomaxillofac Surg.** 2007 Jun-Jul;35(4-5):258-60.

KUMAR, V.; LUDLOW, J. B.; MOL, A.; CEVIDANES, L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. **Dentomaxillofac Radiol.** 2007 Jul;36(5):263-9.

KUMAR, V.; LUDLOW, J.; SOARES CEVIDANES, L. H.; MOL, A. In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. **Angle Orthod.** 2008 Sep;78(5):873-9.

LAGRAVÈRE, M. O.; GORDON, J. M.; GUEDES, I. H.; FLORES-MIR, C.; CAREY, J. P.; HEO, G.; MAJOR, P. W. Reliability of traditional cephalometric landmarks as seen in three-dimensional analysis in maxillary expansion treatments. **Angle Orthod.** 2009 Nov;79(6):1047-56.

LAGRAVÈRE, M. O.; HANSEN, L.; HARZER, W.; MAJOR, P. W. Plane orientation for standardization in 3-dimensional cephalometric analysis with computerized tomography imaging. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006 May;129(5):601-4.

LAGRAVÈRE, M. O.; MAJOR, P. W. Proposed reference point for 3-dimensional cephalometric analysis with cone-beam computerized tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2005 Nov;128(5):657-60.

LAMICHANE, M.; ANDERSON, N. K.; RIGALI, P. H.; SELDIN, E. B.; WILL, L. A. Accuracy of reconstructed images from cone-beam computed tomography scans. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2009 Aug;136(2):156.e1-6.

LASCALA, C. A.; PANELLA, J.; MARQUES, M. M. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). **Dentomaxillofac Radiol.** 2004 Sep;33(5):291-4.

LECOMBER A. R.; YONEYAMA, Y; LOVELOCK, D. J.; HOSOI, T.; ADAMS, A. M. Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. **Dentomaxillofac Radiol.** 2001 Sep;30(5):255-9.

LOU, L.; LAGRAVERE, M. O.; COMPTON, S.; MAJOR, P. W.; 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 Sep;104(3):402-11.

LUDLOW, J. B.; GUBLER, M.; CEVIDANES, L.; MOL, A. Precision of cephalometric landmark identification: cone-beam computed tomography vs conventional cephalometric views. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2009 Sep;136(3):312.e1-10.

MOERENHOUT, B. A.; GELAUDE, F.; SWENNEN, G. R.; CASSELMAN, J. W.; VAN DER SLOTEN, J.; MOMMAERTS, M. Y. Accuracy and repeatability of cone-beam computed tomography (CBCT) measurements used in the determination of facial indices in the laboratory setup. **J Craniomaxillofac Surg.** 2009 Jan;37(1):18-23.

MORO, A.; CORRERA, P.; BONIELLO, R.; GASPARINI, G.; PELO, S. Three-dimensional analysis in facial asymmetry: comparison with model analysis and conventional two-dimensional analysis. **J Craniofac Surg.** 2009 Mar;20(2):417-22.

MOSHIRI, M.; SCARFE, W. C.; HILGERS, M. L.; SCHEETZ, J. P.; SILVEIRA, A. M.; FARMAN, A. G. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2007 Oct;132(4):550-60.

MURAMATSU, A.; NAWA, H.; KIMURA, M.; YOSHIDA, K.; MAEDA, M.; KATSUMATA, A.; ARIJI, E.; GOTO, S. Reproducibility of maxillofacial anatomic landmarks on 3-dimensional computed tomographic images determined with the 95% confidence ellipse method. **Angle Orthod.** 2008 May;78(3):396-402.

NAKASIMA, A.; TERAJIMA, M.; MORI, N.; HOSHINO, Y.; TOKUMORI, K.; AOKI, Y.; HASHIMOTO, S. Three-dimensional computer-generated head model reconstructed from cephalograms, facial photographs, and dental cast models. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2005 Mar;127(3):282-92.

OLSZEWSKA, E.; SIESKIEWICZ, A.; ROZYCKI, J.; ROGALEWSKI, M.; TARASOW, E.; ROGOWSKI, M.; KULIKOWSKA, J. A comparison of cephalometric analysis using radiographs and craniofacial computed tomography in patients with obstructive sleep apnea syndrome: preliminary report. **Eur Arch Otorhinolaryngol.** 2009 Apr;266(4):535-42.

OLSZEWSKI, R.; COSNARD, G.; MACQ, B.; MAHY, P.; REYCHLER, H. 3D CT-based cephalometric analysis: 3D cephalometric theoretical concept and software. **Neuroradiology.** 2006 Nov;48(11):853-62.

OLSZEWSKI, R.; REYCHLER, H.; COSNARD, G.; DENIS, J. M.; VYNCKIER, S.; ZECH, F. Accuracy of three-dimensional (3D) craniofacial cephalometric landmarks on a low-dose 3D computed tomograph. **Dentomaxillofac Radiol.** 2008 Jul;37(5):261-7.

OLSZEWSKI, R.; ZECH, F.; COSNARD, G.; NICOLAS, V.; MACQ, B.; REYCHLER, H. Three-dimensional computed tomography cephalometric craniofacial analysis: experimental validation in vitro. **Int J Oral Maxillofac Surg.** 2007 Sep;36(9):828-33.

PARK, S. H.; YU, H. S.; KIM, K. D.; LEE, K. J.; BAIK, H. S. A proposal for a new analysis of craniofacial morphology by 3-dimensional computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006 May;129(5):600.e23-34.

PERIAGO, D. R.; SCARFE, W. C.; MOSHIRI, M.; SCHEETZ, J. P.; SILVEIRA, A. M.; FARMAN, A. G. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. **Angle Orthod.** 2008 May;78(3):387-95.

RICKETTS, R. M. Cephalometric Analysis And Synthesis. **Angle Orthod.** 31(3): 141-156, July 1961.

RICKETTS, R. M. Perspectives in the Clinical Application of Cephalometrics. **Angle Orthod.** 51(2): 115-150, April 1981.

SCARFE, W. C.; FARMAN, A.; SUKOVIC, P. Clinical applications of Cone-Beam Computed Tomography in dental practice. **J Can Dent Assoc.** 2006; 72(1):75-80.

SHAHABI, M.; RAMAZANZADEH, B. A.; MOKHBER, N. Comparison between the external gonial angle in panoramic radiographs and lateral cephalograms of adult patients with Class I malocclusion. **J Oral Sci.** 2009 Sep;51(3):425-9.

SILVA, M. A.; 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.** 2008 May;133(5):640.e1-5.

SWENNEN, G. R.; SCHUTYSER, F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006 Sep;130(3):410-6.

SWENNEN, G. R.; SCHUTYSER, F.; BARTH, E. L.; DE GROEVE P.; DE MEY, A. A new method of 3-D cephalometry Part I: the anatomic Cartesian 3-D reference system. **J Craniofac Surg.** 2006 Mar;17(2):314-25.

TERAJIMA, M.; FURUICHI, Y.; AOKI, Y.; GOTO, T. K.; TOKUMORI, K.; NAKASIMA, A. A 3-dimensional method for analyzing facial soft-tissue morphology of patients with jaw deformities. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2009 Jun;135(6):715-22.

TERAJIMA, M.; YANAGITA, N.; OZEKI, K.; HOSHINO, Y.; MORI, N.; GOTO, T. K.; TOKUMORI, K.; AOKI, Y.; NAKASIMA, A. Three-dimensional analysis system for orthognathic surgery patients with jaw deformities. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2008 Jul;134(1):100-11.

TOGASHI, K; KITAURA, H; YONETSU, K.; YOSHIDA, N.; NAKAMURA, T. Three-dimensional cephalometry using helical computes tomography: measurement error caused by head inclination. **Angle Orthod.** 72(6): 513-520, Dec. 2002.

VALIATHAN, A.; SIDDHARTHA, D.; NIKHAR, V. 3D CT Imaging in Orthodontics: Adding a New Dimension to Diagnosis and Treatment Planning. **Trends Biomater. Artif. Organs**, Vol 21 (2), p. 116-120, 2008.

VAN VLIJMEN, O. J.; BERGÉ, S. J.; BRONKHORST, E. M.; SWENNEN, G. R.; KATSAROS, C, KUIJPERS-JAGTMAN AM. A comparison of frontal radiographs obtained from cone beam CT scans and conventional frontal radiographs of human skulls. **Int J Oral Maxillofac Surg.** 2009 Jul;38(7):773-8.

VAN VLIJMEN, O. J.; BERGÉ, S. J.; SWENNEN, G. R.; BRONKHORST, E. M.; KATSAROS, C.; KUIJPERS-JAGTMAN, A.M. Comparison of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs. **J Oral Maxillofac Surg.** 2009 Jan;67(1):92-7.

VAN VLIJMEN, O. J.; MAAL, T. J.; BERGÉ, S. J.; BRONKHORST, E. M.; KATSAROS, C.; KUIJPERS-JAGTMAN, A. M. A comparison between two-dimensional and three-dimensional cephalometry on frontal radiographs and on cone

beam computed tomography scans of human skulls. **Eur J Oral Sci.** 2009 Jun;117(3):300-5.

VEDOVELLO, M. **Cefalometria: técnicas de diagnóstico e procedimentos.** Nova Odessa: Napoleão, 2007. 144p.

YAMASHINA, A.; TANIMOTO, K.; SUTTHIPRAPAPORN, P.; HAYAKAWA, Y. The reliability of computed tomography (CT) values and dimensional measurements of the oropharyngeal region using cone beam CT: comparison with multidetector CT. **Dentomaxillofac Radiol.** 2008 Jul;37(5):245-51.