

# Aplicação de medidas cefalométricas em 3D-TC

Patrícia de Medeiros Loureiro Lopes\*, Andréia Perrella\*\*, Carla Ruffeil Moreira\*\*\*, José Rino Neto\*\*\*\*, Marcelo Gusmão Paraiso Cavalcanti\*\*\*\*\*

## Resumo

**Objetivo:** o objetivo desta pesquisa foi avaliar a precisão e acurácia (validade) de medidas cefalométricas lineares em imagens reconstruídas em terceira dimensão (3D), pela técnica de volume, a partir da tomografia computadorizada (TC) *multislice*. **Metodologia:** o material da pesquisa consistiu de 10 (dez) crânios secos, previamente selecionados, sem distinção de etnia ou gênero, os quais foram submetidos à TC *multislice* 16 cortes com 0,5mm de espessura por 0,3mm de intervalo de reconstrução. Posteriormente, os dados obtidos foram enviados para uma estação de trabalho independente, contendo o programa Vitrea®. Os pontos cefalométricos (n=13) foram localizados e as respectivas medidas ósseas lineares (n=15) foram realizadas por 2 examinadores, previamente treinados, medindo cada um duas vezes, independentemente, em 3D. As medidas físicas foram obtidas por um terceiro examinador, utilizando um paquímetro digital. A análise dos dados foi realizada mediante um estudo comparativo entre as medidas inter e intra-examinadores, em 3D-TC, e entre estas e as medidas físicas obtidas diretamente nos crânios, utilizando ANOVA (análise de variância). **Resultados:** não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os valores das medidas inter e intra-examinadores, nem entre as medidas físicas e em 3D, com  $p > 0,6$  para todas as medidas. O erro percentual foi de 2,05% para as medidas interexaminadores e de 2,11% para as medidas intra-examinadores. A média do erro percentual entre as medidas físicas e em 3D variou de 0,96% a 1,47%. **Conclusão:** todas as medidas cefalométricas lineares foram consideradas precisas e acuradas utilizando a técnica de volume em 3D por meio da TC *multislice*.

**Palavras-chave:** Cefalometria. Tomografia computadorizada. 3D-TC.

## INTRODUÇÃO

Dentre os diversos métodos de imagem utilizados, a tomografia computadorizada (TC) também é empregada para avaliar a localização dos pontos craniométricos, permitindo, desta forma, testar a precisão e acurácia de medidas craniométricas em diversas aplicações<sup>7,24,26</sup>.

Nos últimos anos, houve uma grande evolução na TC, assim como um avanço tecnológico, resultando no desenvolvimento de *softwares* e modelos de Engenharia Biomédica que permitem o aperfeiçoamento de seus princípios, direcionado a variadas funções de órgãos e sistemas dos pacientes. Atualmente, a TC *multislice* represen-

\* Mestre em Ortodontia pela Universidade Cidade de São Paulo - UNICID. Doutora em Radiologia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Professora adjunta da Faculdade de Odontologia do UNIPE.

\*\* Mestre em Clínica Integrada pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

\*\*\* Aluna de Doutorado em Estomatologia da Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo.

\*\*\*\* Professor Doutor da Disciplina de Ortodontia do Departamento de Ortodontia e Odontopediatria da FOU SP.

\*\*\*\*\* Professor Associado do Departamento de Estomatologia da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Professor Adjunto do Departamento de Radiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de Iowa, Iowa City, EUA.

ta o que há de mais moderno em se tratando de TC espiral. Foi introduzida em 1999 e permite cortes de 0,5mm de espessura com intervalos de reconstrução menores que 1mm e em 0,5 segundo de tempo<sup>8</sup>.

A partir de dados originais de TC podem ser obtidas reconstruções multiplanares (RMP) e em três dimensões (3D-TC). As reconstruções em 3D-TC podem ser obtidas pela técnica de superfície e volume. Esta última trabalha com recursos modernos da computação gráfica, possibilitando a aplicação de uma escala de cores e transparência e aquisição de uma imagem final reconstruída com alta resolução, superando, desta forma, a técnica de superfície<sup>11</sup>.

Cavalcanti et al.<sup>3</sup> compararam a precisão de algumas medidas craniofaciais, ósseas e tegumentares, utilizando a 3D-TC obtida pela técnica de volume, por meio de uma estação de trabalho independente. Juntamente com o uso de um programa moderno de computação gráfica, esta permitiu a visualização dos cortes axiais originais e das reconstruções multiplanares (coronal e sagital) e em 3D, simultaneamente. As mensurações em 3D-TC proporcionam uma avaliação real das mudanças no crescimento e desenvolvimento, uma vez que representam uma anatomia fidedigna.

A imagem em 3D é uma ferramenta de grande valor para averiguar áreas de deformidades, níveis de assimetria e o relacionamento relativo entre os diferentes componentes da face. "Teleortodontia" é uma das aplicações promissoras em possuir os dados completos dos pacientes em 3D, principalmente nos casos em que há necessidade de tratamento interdisciplinar<sup>8</sup>.

O objetivo da imagem na Ortodontia é representar a anatomia da forma mais fiel possível e isto é alcançado com a imagem em 3D. A ênfase atual está sendo dada para o planejamento do tratamento ortodôntico, levando em conta a estética facial e o seu relacionamento com o posicionamento dentário e ósseo. O maior pro-

blema atual das imagens convencionais usadas na Ortodontia é que os componentes das estruturas faciais são vistos de forma separada e desconectados, o que pode influenciar no diagnóstico, além de que, qualquer alteração de posicionamento da cabeça do paciente, durante a obtenção da imagem radiográfica, pode modificar os valores das medidas cefalométricas<sup>11,17,18,28</sup>.

Assim, a proposta deste trabalho é avaliar a precisão e acurácia de algumas medidas cefalométricas lineares utilizadas pelo ortodontista, por meio da reconstrução em 3 dimensões, pela técnica de volume, utilizando a tomografia computadorizada *multislice*.

## MATERIAL E MÉTODOS

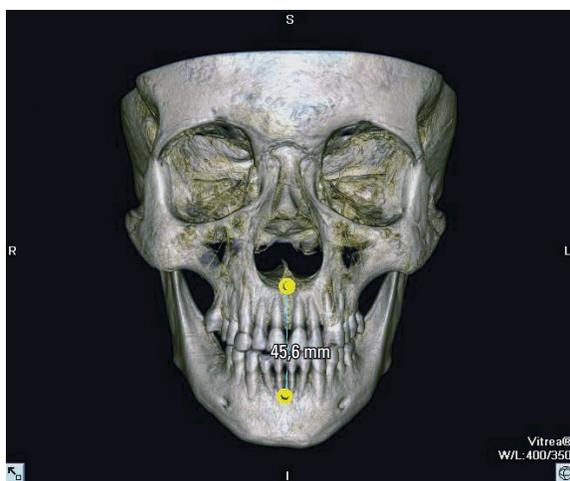
O material da pesquisa foi constituído por 10 crânios secos, previamente selecionados, sem distinção de etnia ou gênero, pertencentes à Escola Paulista de Medicina (EPM/UNIFESP), os quais foram submetidos à TC *multislice* (Aquilion Toshiba) 16 cortes de 0,5mm de espessura e 0,3mm de intervalo de reconstrução por 0,5 segundo, no Instituto do Coração (INCOR) da Faculdade de Medicina da USP. Em seguida, estes dados foram enviados para uma estação de trabalho independente (Dell Precison 620 WINDOWS XP), contendo o programa de computador Vitrea®, versão 3.5, armazenados em CD-ROM e posteriormente enviados para o Laboratório de imagem em 3D (Labi-3D) da Faculdade de Odontologia da USP, onde foram realizadas as mensurações nas imagens.

Após a obtenção da reconstrução das imagens em 3D-TC no Labi-3D, utilizando o programa de visualização volumétrica Vitrea®, foram localizados, por 2 examinadores experientes, os pontos cefalométricos (n=13) (Fig. 1, quadro 1) e realizadas as mensurações lineares (n=15) em milímetros (Fig. 1, quadro 2), ambos em 3D-TC.

As medidas físicas lineares foram obtidas diretamente nos crânios secos, por um caliper digital (Mitutoyo, série 167), com 0,3mm de espessura

Po	pório, ponto mais alto da margem superior do meato auditivo externo
Ba	básio, ponto localizado no limite infero-posterior da borda anterior do forame magno
Co	condílio, ponto mais posterior e superior da cabeça da mandíbula
ENA	espinha nasal anterior, ponto mais anterior do assoalho das fossas nasais
ENP	espinha nasal posterior, ponto mais posterior no assoalho das fossas nasais
N	násio, ponto localizado na porção mais anterior da sutura fronto-nasal
Or	orbitário, ponto mais inferior do assoalho da órbita
A	ponto localizado na parte mais profunda da concavidade alveolar da maxila
B	ponto localizado na parte mais profunda da concavidade alveolar da sínfise mentoniana
Pg	pogônio, ponto mais anterior da sínfise mentoniana
Me	mentoniano, ponto localizado no limite mais inferior da sínfise mentoniana
Go	gônio, ponto mais posterior e inferior da curva entre o corpo e o ramo da mandíbula
Zm	zigomaxilar, ponto mais inferior na sutura entre os ossos zigomático e maxilar

**Quadro 1** - Especificações dos pontos craniofaciais.



de ponta, com o intuito de fazer coincidir com a espessura do intervalo de reconstrução da TC. Este instrumento de medição foi especialmente desenvolvido pela Mitutoyo para esta pesquisa

A-Pg	distância entre os pontos A e Pg
Co-A	distância entre os pontos Co e A, determina o comprimento efetivo da maxila
Co-Pg	distância entre os pontos Co e Pg
ENA-ENP	distância entre os pontos ENA e ENP, representa o plano palatino
ENA-Me	distância entre os pontos ENA e Me, representa a altura facial ântero-inferior
ENA-N	distância entre os pontos ENA e N, representa a altura facial ântero-superior
ENA-B	distância entre os pontos ENA e B
N-A	distância entre os pontos N e A, determina o posicionamento da região anterior da maxila em relação à base do crânio
N-B	distância entre os pontos N e B, determina o posicionamento da região anterior da mandíbula em relação à base do crânio
N-Me	distância entre os pontos N e Me, representa a altura facial total
N-Pg	distância entre os pontos N e Pg, chamado de plano facial
N-Ba	distância entre os pontos N e Ba, representa a base do crânio
Po-Or	distância entre os pontos Po e Or, representa o plano de Frankfurt
B-Me	distância entre os pontos B e Me
Zm-Zm	distância entre os pontos Zm direito e Zm esquerdo, representa a largura maxilar

**Quadro 2** - Especificações das linhas craniofaciais.



FIGURA 2 - Paquímetro digital Mitutoyo modificado.

FIGURA 1 - Imagem em 3D-TC dos pontos ENA e B (círculos amarelos) e a medida ENA-B (45,6 mm).

(Fig. 2). Essas medidas foram realizadas nas dependências da EPM/UNIFESP por um terceiro examinador, uma única vez, que não teve conhecimento das medidas nas imagens.

A análise dos dados consistiu na comparação entre as medidas realizadas diretamente nos crânios e aquelas nas imagens em 3D-TC volume e entre as medidas interexaminadores, feitas na imagem (3D-TC). Como teste estatístico foi utilizada a análise de variância (ANOVA), a fim de verificar a acurácia e precisão destas medidas. Isto proporcionou o teste da validade do método adotado.

Os pontos e as mensurações cefalométricas dos quadros 1 e 2 foram selecionados baseados na literatura científica<sup>3,7,19</sup>.

## RESULTADOS

A tabela 1 ilustra os resultados da análise estatística na verificação da precisão (inter e intra-examinadores) das medidas na 3D-TC em relação ao erro percentual. Para análise interexaminador, somente 3 medidas apresentaram erro absoluto superior a 3%: ENA-A (7,74%), ENA-ENP (3,48%) e B-Me (3,45%). Para análise intra-examinador, somente 2 medidas apresentaram erro absoluto superior a 3%: ENA-A (10,47%) e B-Me (5,13%).

A tabela 2 demonstra os resultados da análise estatística na verificação da acurácia das medidas na 3D-TC em relação ao erro percentual. Somente a medida ENA-A (5,69%) apresentou valor acima de 3%.

A tabela 3 demonstra os valores de p da comparação das médias das medidas na imagem com as medidas dos crânios secos para, cada tipo de medida óssea ( $p < 0,01$  para significância). Verificamos que o menor valor de p foi igual a 0,60, demonstrando que não houve diferença estatística entre as medidas reais, consideradas como padrão-ouro, e as medidas nas imagens em 3D-TC.

**Tabela 1** - Erro percentual (em %) intra-examinador e interexaminador para cada tipo de medida óssea.

medidas	erro intra-ex. 1	erro intra-ex. 2	erro inter-ex.
A-Pg	1,26	2,08	1,84
Co-A	0,60	1,98	1,96
Co-Pg	0,57	1,24	0,98
ENA-ENP	1,67	3,48	2,30
ENA-Me	1,10	1,60	1,53
ENA-N	1,09	1,99	1,67
ENA-A	6,10	7,74	10,47
N-A	1,94	2,43	1,89
N-B	0,92	1,37	1,79
N-Me	0,46	1,18	0,90
N-Pg	0,71	1,05	0,90
Po-Or	1,79	1,49	1,40
N-Ba	0,59	1,96	1,50
Zm-Zm	0,59	1,64	1,48
B-Me	2,49	3,45	5,13

**Tabela 2** - Erro percentual (%) das medições observadas na imagem comparadas ao crânio seco (acurácia).

medidas	A-Pg	Co-A	Co-Pg	ENA-ENP	ENA-Me	ENA-N	ENA-A	N-A	N-B	N-Me	N-Pg	Po-Or	Ba-N	Zm-Zm	B-Me
erro absoluto	0,79	1,02	1,04	1,15	0,76	0,60	0,24	1,11	0,68	0,96	0,81	1,13	1,25	0,87	0,39
erro percentual	1,40	1,00	0,84	2,46	1,11	1,16	5,69	2,14	0,71	0,79	0,74	1,47	1,25	0,97	1,81

**Tabela 3** - Valor de p da comparação das médias das medidas na imagem com as medidas dos crânios secos para cada tipo de medida cefalométrica ( $p < 0,01$  para significância).

A-Pg	Co-A	Co-Pg	ENA-ENP	ENA-Me	ENA-N	ENA-A	N-A	N-B	N-Me	N-Pg	Po-Or	Ba-N	Zm-Zm	B-Me
0,79	0,6	0,75	0,82	0,99	0,94	0,99	0,89	0,98	0,77	0,81	0,91	0,79	0,83	0,93

## DISCUSSÃO

O estudo de mensurações cefalométricas é de fundamental importância no diagnóstico e planejamento do tratamento de injúrias, anomalias e assimetrias craniofaciais, na avaliação quantitativa da morfologia e crescimento craniofacial, na identificação forense, bem como no planejamento pré e avaliação pós-cirúrgica maxilofacial e ortognática<sup>7,12,13,15,18,23-25,27</sup>.

Alguns autores confirmaram a grande dificuldade na localização de pontos cefalométricos e na determinação de medidas em cortes de TC, uma vez que estes pontos podem aparecer em vários cortes distintos<sup>15,24</sup>. Tendo em vista as limitações das técnicas de localização dos pontos cefalométricos, freqüentemente referidas pelos autores, e considerando-se a riqueza de informações que a TC em espiral pode oferecer e a evolução no processo de aquisição e exibição de imagem pela computação gráfica, foi realizada uma reconstrução tridimensional das estruturas ósseas obtidas a partir de dados de TC em espiral *multislice*, com a finalidade de minimizar essas dificuldades quando da determinação de tais medidas.

Foi comprovado que a melhor qualidade final da reconstrução em 3 dimensões (3D-TC) é obtida ao se trabalhar com menor espessura de corte<sup>10,13</sup>. Reconstruções obtidas a partir de cortes de 1,5mm possibilitaram medidas mais acuradas<sup>10</sup>. Assim, adotou-se neste trabalho a aquisição de cortes de 0,5mm de espessura com 0,3mm de intervalo de reconstrução, sendo obtidos resultados mais precisos e com um indicador de acurácia mais elevado em relação a trabalhos anteriormente publicados<sup>2,3,7</sup> utilizando a TC *singleslice* com a técnica de superfície ou com a técnica de volume.

De acordo com Kragkov et al.<sup>16</sup>, a comparação da identificação de pontos cefalométricos entre radiografias convencionais e em 3D-TC revelou, nos cefalogramas laterais, que a variação intra-examinador foi menor que 1mm, para a maioria dos pontos estudados, exceto para o

ponto Básio, os dois examinadores apresentaram a mesma variação. De acordo com nossos resultados, à medida que o ponto Ba foi inserido (medida Ba-N), encontramos os valores de erro absoluto de 0,40mm a 1,45mm para análise intra-examinador e 1,25mm de erro absoluto quando comparamos todas as imagens em 3D-TC com o crânio seco. Nos cefalogramas frontais, as variações e os desvios-padrão foram maiores. A única diferença estatisticamente significativa que ocorreu entre os dois examinadores foi observada na medição da sutura zigomática-frontal direita. Em relação aos pontos obtidos na 3D-TC, a variação intra-examinador e o desvio-padrão foram maiores do que no cefalograma lateral e apresentaram uma variação intra-observador um pouco maior do que nos cefalogramas frontais. Levando em consideração a técnica (espiral *singleslice*) e o programa de reconstrução em 3D (superfície) utilizados, podemos também atribuir essa diferença à falta de experiência dos examinadores, visto que não foi realizado nenhum treinamento prévio. Além disso, estes autores não trabalharam com mensurações nas imagens volumétricas, além da acurácia não ter sido testada.

Podemos ressaltar a evolução de técnicas para reconstrução de imagens em 3D a partir da TC. A técnica de superfície foi primeiramente utilizada por diversos pesquisadores, que puderam comprovar a aplicabilidade da 3D-TC em deformidades craniofaciais, no diagnóstico e planejamento cirúrgico de fraturas e neoplasias maxilofaciais<sup>2,10,13,15,20-22,25</sup>. Quando comparada com as imagens das reconstruções multiplanares (RMP-TC), a 3D-TC, pela técnica de superfície, apresentou melhores resultados na observação de suturas<sup>23</sup>, bem como em estudos craniométricos<sup>7,14</sup>.

Algumas pesquisas anteriormente publicadas demonstraram a aplicação da 3D-TC em relação às medidas lineares craniofaciais<sup>2,7,14</sup> obtidas por meio da reconstrução em 3D, pela técnica de superfície, das estruturas ósseas de crânios. Esta

técnica de reconstrução é considerada um método já limitado e com deficiências em relação à técnica de volume. Diversos trabalhos em inúmeras especialidades têm adotado essa nova técnica avançada em 3D-TC<sup>1,3-6,9</sup>. De acordo com os valores obtidos, melhores resultados foram atingidos, principalmente, pela associação da técnica em 3D com a TC *multislice* 16 cortes, aferindo todos os detalhes anatômicos dos pontos estudados.

Cavalcanti e Vannier<sup>7</sup> relataram que a imagem em 3D-TC por superfície, utilizando TC *singleslice*, permite análises com melhores detalhes dos componentes ósseos craniofaciais e que medidas lineares e angulares podem ser feitas, para proporcionar objetivas condições clínicas de avaliação da face. A comparação das condições pré-operatórias com os resultados pós-operatórios tem sido facilmente apreciada nas imagens em 3D, pois todas as mensurações em 3D-TC tiveram acurácia satisfatória, em comparação com as medidas físicas. Desta forma, concluíram que a 3D-TC pode distinguir a anatomia craniofacial mais acuradamente para várias mensurações, apesar de algumas destas apresentarem desvios-padrão altos (Zm-Zm), que não vêm de encontro aos resultados da acurácia desta medida em nosso trabalho, onde encontramos um erro percentual muito baixo, de 0,97%. Em nossa pesquisa pudemos comparar os dados obtidos com os resultados de Cavalcanti e Vannier<sup>7</sup>, pois utilizamos uma reconstrução em 3D pela técnica de volume, por meio de uma TC *multislice*, uma vez que esta imagem proporciona uma concepção craniofacial espacial completa, permitindo melhor entendimento da complexidade óssea estrutural vista nas imagens axiais.

Medidas de pequenas dimensões (<6cm) foram consideradas, por Ward e Jamison<sup>15,28</sup>, menos confiáveis do que as de maiores dimensões e, dentre as menores, eles citaram a ENA-A e AI-AI. Os nossos resultados demonstraram concordância com esse relato, uma vez que a medida de menor dimensão (ENA-A) apresentou os maiores erros

percentuais interexaminadores (6,10% e 7,74%) e na análise intra-examinadores (10,47%). Em relação à análise comparativa com o crânio seco, a medida ENA-A foi a que apresentou o único erro percentual maior que 2,5%.

Outra discussão pertinente aos resultados obtidos na presente pesquisa se refere à comparação de medidas cefalométricas em 3D-TC utilizando diferentes espessuras de corte, como foi desenvolvido em trabalho de Togashi et al.<sup>25</sup> Estes autores testaram a acurácia de diversos pontos cefalométricos, entretanto, utilizando somente 1 crânio seco, onde a validade deste sistema não pode ser estabelecida. Nossos resultados demonstraram erro percentual inferior a 1% para as mesmas medidas estudadas por Togashi et al.<sup>25</sup> Além disso, a validade foi estabelecida utilizando um conjunto de 10 crânios, testando-se, por via de consequência, a reprodutibilidade do sistema. Isto se deve ao fato de utilizarmos um protocolo de 0,5mm de espessura de corte por 0,3mm de intervalo de reconstrução na TC *multislice*, ao contrário da pesquisa de Togashi et al.<sup>25</sup>, que adotou diversos protocolos de aquisição, que variaram de 1mm a 7mm. Vale ressaltar que a técnica de reconstrução em 3D utilizada em nosso estudo foi a de volume, já demonstrada experimentalmente, tanto qualitativa quanto quantitativamente, como sendo superior à de superfície<sup>1</sup>.

Com base na literatura e nos resultados previamente obtidos em nossas pesquisas<sup>1,2,4,5,6,7,27</sup>, consideramos importante a validação dessas medidas cefalométricas em 3D utilizando TC *multislice*, para ser empregada em diversas áreas da Odontologia que envolvem análises quantitativas, como a Ortodontia, Ortopedia Funcional dos Maxilares e Cirurgia buco-maxilo-facial, assim como na área da Antropometria.

McCance et al.<sup>18</sup> afirmaram que a TC vem sendo utilizada na análise de resultados cirúrgicos e na avaliação proporcional de reposicionamento dos tecidos moles e duros na cirurgia ortognática. Chidiac et al.<sup>9</sup> compararam diversas medidas em

escanogramas (*scout*) obtidos por TC e cefalometrias convencionais em crânios secos e demonstraram que houve maior correlação das medidas físicas com a imagem dos crânios em TC.

A aplicabilidade da reconstrução em 3D-TC pela técnica de volume já foi estabelecida nos estudos de anomalias, fraturas craniofaciais, implante dentário, mas na área de estudos cefalométricos ainda não foi adequadamente comprovada a importância dessa imagem para a determinação de mensurações. Com isso, neste trabalho validamos a utilização desta imagem (3D-TC), quando obtida pela técnica de volume, na determinação de medidas cefalométricas, uma vez que houve acurácia quando das suas mensurações. A imagem em 3D pode ser manipulada em qualquer direção, o que fornece ao ortodontista informações consideráveis sobre o paciente, sem a necessidade de retorno deste, bem como a avaliação não fica restrita apenas ao exame clínico<sup>9</sup>.

O avanço de programas de computação gráfica melhora a interatividade da visualização, mensuração e análise para planejamento do tratamento de afecções maxilomandibulares. Mensurações diretas de pontos craniofaciais, distâncias, áreas e volumes podem ser obtidos partindo destes dados. Isto pro-

porciona uma descrição quantitativa das deformidades do esqueleto, permitindo o planejamento cirúrgico e a avaliação do crescimento craniofacial. Os dados de 3D-TC vêm sendo utilizados para planejar intervenções no complexo dento-maxilo-facial.

## CONCLUSÕES

As medidas ósseas cefalométricas em 3D-TC obtidas pela técnica de volume foram consideradas precisas e acuradas, utilizando a TC *multislice* 16 cortes. A técnica de volume em 3D-TC, em associação com a computação gráfica, ofereceu recursos de grande relevância, que tornaram eficaz a análise de medidas cefalométricas, podendo ser aplicada à Ortodontia.

## AGRADECIMENTOS

Departamento de Morfologia da Universidade Federal de São Paulo, que cedeu os crânios. CAPES (Bolsa de Doutorado Dra. Patrícia de Medeiros Loureiro Lopes). FAPESP (Auxílio Individual à Pesquisa, Dr. Marcelo Cavalcanti). UNIPE (Centro Universitário de João Pessoa, por fomentar a aquisição das imagens da pesquisa).

Enviado em: maio de 2006  
Revisado e aceito: julho de 2006

## Application of cephalometric measurements in 3D-TC

### Abstract

**Aim:** To test the precision and accuracy of conventional linear cephalometric measurements in 3D reconstructed images using a multislice CT. **Methods:** The study population consisted of 10 dry skulls, previously selected, without distinction of ethnic group and sex, which were submitted to a multislice CT 16 slices using 0.5mm of slice thickness and 0.3mm of interval of reconstruction. Subsequently the data was sent to an independent workstation. Conventional craniofacial landmarks (n=13), usually applied to facial orthopedic and orthodontic treatment planning, were localized and linear measurements (n=15) were obtained by 2 radiologists, twice each, independently, in 3D-CT images. In total 600 measurements were made. The correspondent physical measurements were obtained by a third examiner using a digital caliper. Statistical evaluation of the measurements was carried out regarding to inter and intra-examiner, in 3D-CT, and between image and physical measurements from dry skulls, using analysis of variance. **Results and Conclusions:** There were no statistically significant differences between inter and intra-examiner measurements or between imaging and physical measurements. The results also showed an inter-examiner variability error of 2.05%, and an intra-examiner variability error of 2.11%. There were also no statistically significant differences between imaging and physical measurements with  $p>0.6$  for all measurements. The mean difference was from 0.96% to 1.47% for all measurements. The validity of linear cephalometric measurements was established using 3D volume rendering from a multislice CT with high precision and accuracy.

**Key words:** Cephalometry. Computed tomography. 3D-CT.

## REFERÊNCIAS

- CAVALCANTI, M. G. P.; ANTUNES, J. L. F. 3D-CT imaging processing for qualitative and quantitative analysis of maxillofacial cysts and tumors. **Braz. Oral Res.**, São Paulo, v. 16, no. 3, p. 89-194, 2002.
- CAVALCANTI, M. G. P.; HALLER, J. W.; VANNIER, M. W. Three-dimensional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 57, no. 6, p. 690-694, June 1999.
- CAVALCANTI, M. G. P.; ROCHA, S. S.; VANNIER, M. W. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering. Implications for clinical applications. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 33, p. 1-9, Mar. 2004.
- CAVALCANTI, M. G. P.; RUPRECHT, A.; BONOMIE, J. M.; VANNIER, M. W. The validation of 3D spiral CT-based measurements of simulated maxillofacial neoplasms. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 89, no. 6, p. 753-758, June 2000.
- CAVALCANTI, M. G. P.; RUPRECHT, A.; VANNIER, M. W. 3D volume rendering using multislice CT for dental implants. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 31, no. 4, p. 218-223, July 2002.
- CAVALCANTI, M. G. P.; VANNIER, M. W. Measurement of the volume of oral tumors by three-dimensional spiral computed tomography. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 29, no. 1, p. 35-40, Jan. 2000.
- CAVALCANTI, M. G. P.; VANNIER, M. W. Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications. **Dentomaxillofac. Radiol.**, London, v. 27, no. 6, p. 344-350, July 1998.
- CAVALCANTI, M. G. P. Tomografia computadorizada: reconstrução em 2D e em 3D. In: FREITAS, A.; ROSA, E. J.; SOUZA, I. F. **Radiologia odontológica**. 5. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2000. p. 681-726.
- 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.**, Philadelphia, v. 5, no. 2, p.104-113, May 2002.
- COVINO, S. W.; MITNICK, R. J.; SHPRINTZEN, R. J.; CISNEROS, G. J. The accuracy of measurements of three-dimensional computed tomography reconstructions. **J Oral Maxillofac Surg.** Philadelphia, v. 54, no. 8, p. 982-990, Aug. 1996.
- HAJEER, M. Y.; MILLETT, D. T.; AYOUB, A. F.; SIEBERT, J. P. Current products and practices applications of 3D imaging in orthodontics: part I. **J. Orthod.**, London, v. 31, no. 1, p. 62-70, Mar. 2004.
- HARRELL, J. R. W. **America Association of Orthodontics**. São Francisco, 2005. Disponível em: <http://www.AuntMinnie.com>. Acesso em: 12 mar. 2006.
- HEMMY, D. C.; TESSIER, P. L. CT of dry skulls with craniofacial deformities: accuracy of three-dimensional reconstruction. **Radiology**, Easton, v. 157, no. 1, p. 113-116, Oct. 1985.
- HILDEBOLT, C. F.; VANNIER, M. W.; KNAPP, R. H. Validation study of skull three-dimensional computerized tomography measurements. **Am. J. Phys. Anthropol.**, St. Louis, v. 82, no. 3, p. 283-294, Oct.1990.
- JAMISON, P. L.; WARD, R. E. Brief communication: measurement size, precision, and reliability in craniofacial anthropometry: bigger is better. **Am. J. Phys. Anthropol.**, Indiana, v. 90, p. 495-500, Sept. 1993.
- KRAGSKOV, J.; BOSCH, C.; GYLDENSTED, C.; SINDET-PEDERSEN, S. Comparison of the reliability of craniofacial anatomic landmarks based on cephalometric radiographs and three-dimensional CT scans. **Cleft Palate Craniofac. J.**, Lewiston, v. 34, no. 2, p. 111-116, Mar. 1997.
- MAUL, T.; HIRSCHFELDER, U. Dental CT for orthodontic treatment planning. **Erlangen:** Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. [s.l.]: University of Erlangen-Nuremberg. p. 8-11.
- McCANCE, A. M.; MOSS, J. P.; FRIGHT, W. R.; JAMES, D. R.; LINNEY, A. D. A three dimensional analysis of soft and hard tissue changes following bimaxillary orthognathic surgery in skeletal III patients. **Br. J. Oral Maxillofac. Surg.**, London, v. 30, p. 305-312, 1992.
- MIYASHITA, K. **Contemporary cephalometric radiography**. Tokyo: Quintessence, 1996.
- NAGASHIMA, M.; INOUE, K.; SASAKI, T.; MIYASAKA, K.; MATSUMURA, G.; KODAMA, G. Three-dimensional imaging and osteometry of adult human skulls using helical computed tomography. **Surg. Radiol. Anat.**, Berlin, v. 20, no. 4, p. 291-297, 1998.
- OFFUTT, C. J.; VANNIER, M. W.; GILULA, L. A.; MARSH, J. L.; SUTHERLAND, C. J. Volumetric 3D imaging of computerized tomography scans. **Radiol. Technol.**, St. Louis, v. 61, no. 3, p. 212-219, Jan./Feb. 1990.
- ONO, I.; OHURA, T.; NARUMI, E.; KAWASHIMA, K.; MATSUNO, I.; NAKAMURA, S. et al. Three-dimensional analysis of craniofacial bones using three-dimensional computer tomography. **J. Craniomaxillofacial Surg.**, Hokkaid, v. 20, no. 2, p. 49-60, Feb./Mar. 1992.
- PARISI, M.; MEHDIZADEH, H. M.; HUNTER, J. C.; FINCH, I. J. Evaluation of craniostylosis with three-dimensional CT imaging. **J. Comput. Assist. Tomogr.**, New York, v. 13, no. 6, p. 1006-1012, Nov./Dec.1989.
- RICHTSMIEIER, J. T.; PAIK, C. H.; ELFERT, P. C.; COLE III, T. M.; DAHLMAN, H. R. Precision, repeatability, and validation of the localization of cranial landmarks using computed tomography scans. **Cleft Palate Craniofac. J.**, Lewiston, v. 32, no. 3, p. 217-228, May 1995.
- TOGASHI, K.; KITAURA, H.; YONETSU, K.; YOSHIDA, N.; NAKAMURA, T. Three-dimensional cephalometry using helical computer tomography: measurement error caused by head inclination. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 72, no. 6, p. 513-520, Dec. 2002.
- VANNIER, M. W.; CONROY, G. C.; MARSH, J. L.; KNAPP, R. H. Three-dimensional cranial surface reconstructions using high-resolution computed tomography. **Am. J. Phys. Anthropol.**, New York, v. 67, no. 4, p. 299-311, Aug. 1985.
- YANG, J.; CAVALCANTI, M. G. P.; RUPRECHT, A.; VANNIER, M. W. 2-D and 3-D reconstructions of spiral computed tomography in localization of the inferior alveolar canal for dental implants. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.**, St. Louis, v. 87, no. 3, p. 369-374, Mar. 1999.
- WARD, R. E.; JAMISON, P. L. Measurement precision and reliability in craniofacial anthropometry: implications and suggestions for clinical applications. **J. Craniofac. Genet. Dev. Biol.**, New York, v. 11, no. 3, p. 156-164, July/Sept.1991.

## Endereço para correspondência

Marcelo Cavalcanti  
 Av. Prof. Lineu Prestes, 2227 - Cidade Universitária - FOU SP  
 CEP: 05508-900 - São Paulo/SP  
 E-mail: mgpcaval@usp.br