

Revista Brasileira de Odontologia Legal – RBOL

ISSN 2359-3466

<http://www.portalabol.com.br/rbol>



Identificação humana

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA NAS MENSURAÇÕES LINEARES CRANIOFACIAIS POR MEIO DO PROGRAMA HOROS.

Assessment of the accuracy of craniofacial linear measurements on Horos Software.

Deisy Satie MORITSUGUI¹, Flávia Vanessa Greb FUGIWARA¹, Flávia Nicolle Stefani VASSALLO¹, Raíssa Ananda Paim STRAPASSON², Rodolfo Francisco Haltenhoff MELANI¹.

1. Departamento de Odontologia Social. Odontologia Forense. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

2. Departamento de Odontologia Preventiva e Social da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Informações sobre o manuscrito:

Recebido: 17 de novembro de 2021
Aceito: 02 de março de 2022

Autor(a) para contato:

Deisy Satie Moritsugui.
Avenida Professor Lineu Prestes, 2227. Cidade Universitária. São Paulo/SP, Brasil. CEP 05508-000.
E-mail: dsmoritsugui@usp.br.

RESUMO

Introdução: Na antropometria craniofacial avaliam-se quantitativamente as estruturas anatômicas faciais, e as tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) têm contribuído significativamente para refinar essa abordagem. A análise antropológica e morfológica do crânio para estimativa de idade, ou a avaliação das espessuras de tecidos moles faciais para aproximação facial forense, podem ser beneficiadas com o avanço das ferramentas de reconstrução e visualização de imagens de TCFC em softwares *open source* como o HorosTM. Objetivo: Avaliar a confiabilidade e a precisão de medidas lineares realizadas em TCFC em Reconstrução Multiplanar (MPR), no modo de visualização de MIP, nas espessuras de corte mínima (Emín) e máxima (Emáx). Material e método: Foram selecionados 17 crânios pertencentes ao biobanco do Laboratório de Antropologia e Odontologia Forense da Universidade de São Paulo (OFLab-FOUSP) para a mensuração de 10 grandezas lineares, aferidas de três maneiras distintas: uma diretamente sobre o crânio (padrão-ouro) e duas no software (em Emín e Emáx). Para a análise estatística foi adotado o nível de significância de 5%. Resultados: O CCI (Coeficiente de Concordância Intra-classe) inter e intra-examinadores foi excelente. A consistência das medidas entre os métodos, nos grupos A (crânio-Emín) e B (crânio-Emáx) foi verificada pela análise de Bland-Altman. O grupo B apresentou maior precisão de medidas, porém, a diferença menor do que 1 mm encontrada no grupo A não compromete a análise craniométrica. Conclusão: Ambos os métodos são confiáveis para mensurações lineares.

PALAVRAS-CHAVE

Odontologia legal; Antropologia forense; Cefalometria.

INTRODUÇÃO

A antropometria craniofacial é um método de avaliação quantitativa das estruturas anatômicas faciais¹ utilizada

para prever o perfil facial, subsidiando informações que, auxiliam na identificação de casos forenses e arqueológicos². A avaliação antropométrica pode ser

realizada diretamente sobre o crânio ou indiretamente, através de imagens¹. Observa-se um crescimento significativo de *softwares open source* buscando desenvolver ferramentas competitivas de gerenciamento de imagens, principalmente em relação ao pós-processamento³.

A evolução da imagiologia craniofacial, principalmente com o uso das tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC), tem contribuído para refinar o conhecimento sobre as estruturas anatômicas⁴. No campo da Odontologia Forense, é possível utilizar este exame de imagem para estimativa de idade⁵, análise antropológica e morfológica do crânio^{6, 7}, além de avaliar espessuras de tecidos moles faciais para aproximação facial forense⁷. A TCFC é bastante confiável para mensurações lineares⁸ mas, a precisão e confiabilidade do programa utilizado também deve ser avaliado.

A forma como a imagem é visualizada pode interferir no valor das mensurações obtidas. *Softwares* que permitem a visualização das imagens em formato DICOM foram desenvolvidos e testados quanto à acurácia e precisão das mensurações realizadas com estas ferramentas^{4,8-17}. É possível reconstruir o volume adquirido nos exames de TCFC em reconstrução multiplanar (MPR), técnica que possibilita a análise das imagens obtidas no plano axial, nos planos sagital e coronal. Deste modo, as fatias podem ser avaliadas individualmente nos três planos e em diversas espessuras. Outra importante

ferramenta de visualização, a MIP (Maximum Intensity Projection), seleciona e destaca os voxels com brilho máximo, ou seja, detecta estruturas com alto contraste, sendo utilizada preferencialmente para exibir estruturas mineralizadas¹⁶.

O objetivo deste estudo foi avaliar a confiabilidade e a precisão de medidas lineares realizadas em TCFC em MPR, no modo de visualização de MIP, nas espessuras mínima (Emín) e máxima (Emáx) para aplicação tanto em Imagiologia Forense quanto na rotina clínica do cirurgião-dentista.

MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo sob parecer de número 4.631.887. Foram selecionados 17 crânios pertencentes ao biobanco do Laboratório de Antropologia e Odontologia Forense da Universidade de São Paulo (OFLab-FOUSP) para a mensuração de 10 grandezas lineares, aferidas de três maneiras distintas: uma diretamente sobre a estrutura anatômica do crânio, tornando-se a referência para comparação das demais medidas aferições (padrão ouro) e duas outras abordagens de forma indireta, por meio de imagens.

Os pontos craniométricos de referência e as grandezas lineares aferidas estão especificados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Pontos craniométricos referências para as mensurações e suas definições.

Pontos craniométricos	Descrição
opistocrânio (op)	Ponto mediano mais posterior no osso occipital, geralmente acima da protuberância occipital externa.
eurio (eu)	Ponto mais lateral da abóboda craniana, no osso parietal.
básio (ba)	Ponto no plano mediano na porção mais anterior da borda anterior do forame magno
zígio (zy)	Ponto mais lateral no arco zigomático.
zigomaxilar (zm)	Ponto mais inferior na sutura zigomaticomaxilar.
ectoconchion (ek)	Ponto lateral na órbita na linha que divide ao meio a órbita transversalmente.
násio (n)	Intersecção das suturas nasofrontais no plano mediano.
glabela (g)	Ponto mediano mais projetado anteriormente no osso frontal, entre os arcos supraciliares.
mental (ml)	Ponto mais inferior na margem do forame mental mandibular

* De acordo com Caple e Stephan¹⁸.

Tabela 2. Grandezas lineares e janela de visualização no Horos.

Grandeza	Abreviação	Pontos craniométricos	Corte no Horos
Comprimento máx do crânio	CMC	op-g	Sagital
Largura máx do crânio	LMC	eu-eu	Axial e coronal
Comprimento base do crânio	CBC	ba-n	Sagital
Largura facial máxima	LFM	zy-zy	Axial e coronal
Largura facial média	LF	zm-zm	Axial e coronal
Largura bi-orbitária	LBO	ek-ek	Coronal
Altura da órbita	AO	*NA	Coronal
Largura nasal	LN	*NA	Coronal
Altura nasal	AN	n-ns	Coronal e sagital
Largura mandibular anterior	LMA	ml-ml	Axial e coronal

*NA: Não se aplica

Mensuração direta

As medições diretas no crânio foram realizadas com paquímetro digital (Mitutoyo®, Mitutoyo Sul Americana, Suzano, Brazil) e Compasso de Bertillon e foram consideradas o padrão-ouro para a análise dos dados.

Mensurações indiretas

As mensurações indiretas foram realizadas em tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) que foram obtidas em tomógrafo i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pennsylvania, EUA), FOV 23x17 cm, voxel de 0.4 mm, 120 kVp, 36.12 mAs e 40s de tempo de exposição, com auxílio de um posicionador para crânios secos para exames radiográficos extra-orais, que os mantiveram numa posição segura e padronizada¹⁹.

Os arquivos DICOM foram importados para o Software Horos™ v 3.3.6 – 64 bits (Horos Project, Purview, Annapolis, EUA), sendo realizadas as mensurações da seguinte forma: selecionou-se a reconstrução da imagem em MPR e fixou-se WL (Window Level) em 500 e WW (Window Width) em 3500, o modo de visualização das imagens eleito foi a MIP (Figura 1).

As imagens dos crânios foram orientadas para que o Plano de Frankfurt estivesse paralelo ao plano horizontal. Deste modo, as mensurações das grandezas lineares foram obtidas primeiramente em Emín (Figura 2a); e, na segunda abordagem, em Emáx (Figura 2b).

Análise estatística

Para a análise estatística utilizou-se o software Jamovi (Jamovi Project, 2021, Version 1.8- Computer Software Open Access). O nível de significância adotado para a análise foi de 5%. As concordâncias intra-examinadores das 3 pesquisadoras, e inter-examinadores entre as duas pesquisadoras que realizaram as mensurações indiretas, tanto em espessura Emín quanto em Emáx, foram verificadas pelo ICC (Índice de Correlação Intraclasse).

Os valores das medidas lineares obtidos foram inseridos em tabela Excel (Microsoft Excel for Mac, version 16.48, Redmond, WA) e comparados aos valores reais obtidos diretamente sobre o crânio e Emín (Grupo A) e valores reais obtidos diretamente sobre o crânio e Emáx (Grupo B). Para cada um dos grupos descritos, foi verificada a consistência das medidas entre os métodos pela análise de Bland-Altman.

RESULTADOS

O Coeficiente de Correlação Intra Classe intra-examinador das três pesquisadoras foi maior do que 95% em todos os métodos. Da mesma maneira, a concordância inter-examinadores entre as pesquisadoras que realizaram as mensurações digitais demonstrou boa concordância em ambos os métodos, Emín e Emáx, de 80%.

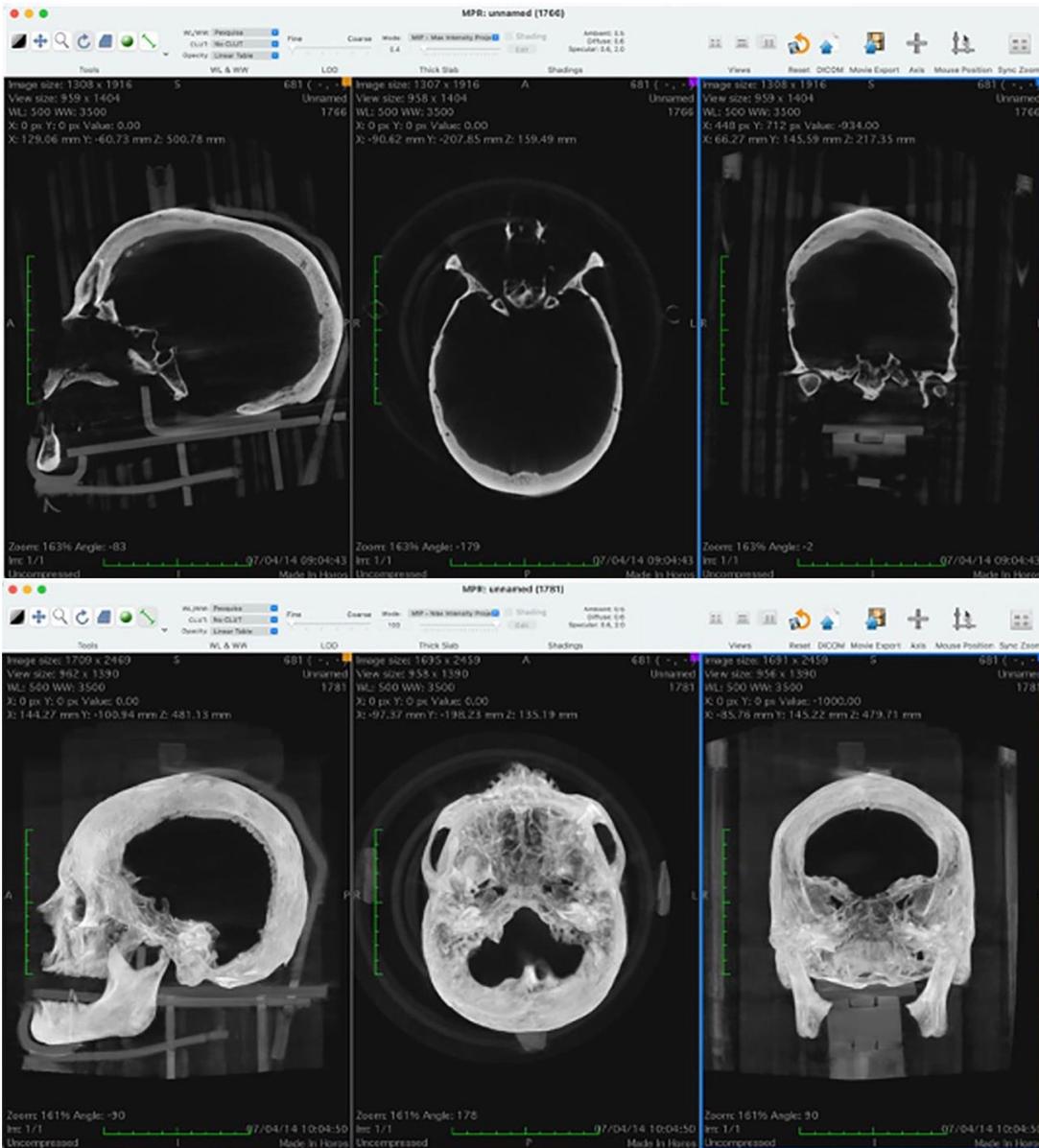


Figura 1. Visualização em MIP, Emín (superior) e Emáx (inferior) nas janelas sagital, axial e coronal.

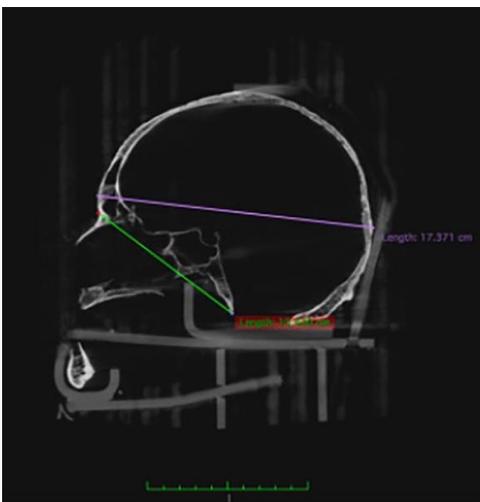


Figura 2a. Mensuração em Emín.

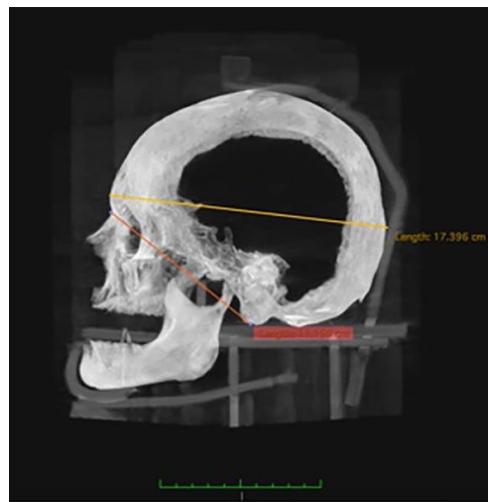


Figura 2b. Mensuração em Emáx.

A tabela 3 mostra em cada grupo as médias das diferenças entre os métodos comparados, desvios padrão e limites superior e inferior do intervalo de confiança (95%). O resultado do teste de regressão linear, no qual p foi maior que 0.05 apenas

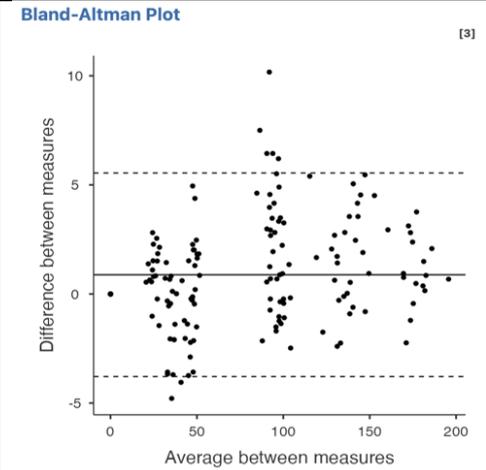
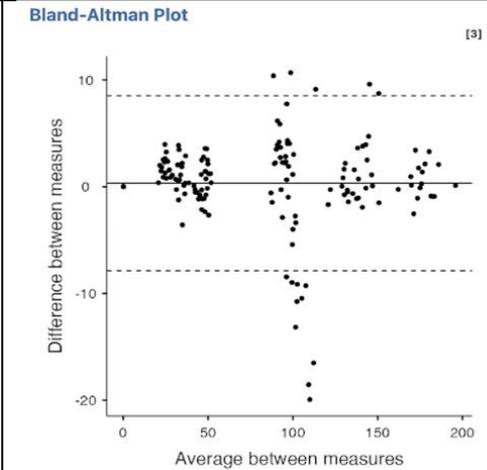
no grupo B, que, portanto, não apresentou viés de proporção entre as medidas.

A tabela 4 apresenta, para cada grupo, os gráficos de Bland-Altman, para o estudo da concordância entre os métodos e as medidas lineares que se afastaram do intervalo de confiança de 95%.

Tabela 3. Média das diferenças (MD), Desvio Padrão (DP), limites do intervalo de confiança (IC) e regressão linear.

Grupo	MD	DP	IC (95%)		Regressão linear
			Inferior	Superior	
A	0.876	2.374	-3.776	5.530	p<0.01
B	0.322	4.165	-7.841	8.485	p=0.592

Tabela 4. Gráficos de Bland-Altman e medidas lineares fora dos limites do IC.

	Grupo A			Grupo B		
Gráficos Bland-Altman						
Medidas acima do IC	LBO	6.44	6.44	6.2	LBO	10.39
	LF	10.17	7.5		LMC	9.12
					LF	10.68
Medidas abaixo do IC	AO	-4.79			CBC	-19.94
	LMA	-4.05				-8.45
						-18.55
						-13.16
						-8.97
						-10.46
						-9.14
						-16.51

DISCUSSÃO

A análise de precisão e reprodutibilidade de medidas craniométricas em TCFC utilizando *softwares* de domínio público podem representar, em algumas circunstâncias, um ganho na interoperabilidade, facilitando a troca de dados entre diferentes programas, propiciando um compartilhamento mais rápido e eficaz das informações. Ainda, o livre acesso às suas ferramentas torna *softwares*, como o Horos, importantes aliados de profissionais da saúde e estudantes, que buscam aprimorar suas habilidades no manuseio de suas funcionalidades, facilitando a realização de workshops e possibilitando treinamentos clínicos eficazes³. Entretanto, seu uso exclusivo no sistema iOS limita sua ampla utilização.

A qualidade do pós-processamento das imagens é importante para as análises quantitativas de tecido ósseo maxilofacial¹³, visto que ela depende da capacidade do software em reconstruir a imagem a partir do conjunto de dados volumétricos em 3D adquiridos nas TCFC. Por outro lado, a escolha da reconstrução do volume de imagem 3D em TCFC é atribuída ao operador, o qual determina a melhor maneira de reconstruir os cortes tomográficos a depender do propósito do estudo e de suas preferências^{20,21}.

Muitos fatores podem afetar a percepção visual do operador nas mensurações lineares como contraste da imagem, ruído na imagem, percepção visual individual e conhecimento prévio da anatomia²². Os valores de WL e WW referem-se aos tons de cinza da imagem a

ser analisada²³, portanto diferentes valores influenciam na visualização dos limites ósseos, apresentando-se mais ou menos aparentes dependendo do valor de *width* (W) e *level* (L). Neste estudo, os valores de WL e WW definidos permitiram uma adequada percepção das margens e estruturas ósseas a serem medidas.

O uso da MPR é indicado para avaliações quantitativas, pois as medidas conferem altamente com as estruturas anatômicas reais^{14,16}, permitindo que o operador analise o ponto craniométrico, no corte selecionado, nas três janelas de visualização, concomitantemente²⁴. A seleção do corte, nos planos axial, coronal e sagital, requer tempo, treinamento de calibração e avaliação cuidadosa do examinador¹⁷. A precisa localização dos pontos craniométricos é determinante para as mensurações lineares⁴, visto que, em MPR, o operador percorre as três janelas para identificá-los¹¹. No entanto a seleção do ponto inicial e final para mensuração deve ser feita em um só plano.

Os pontos craniométricos utilizados nesta pesquisa seguiram a nomenclatura padronizada e recomendada por Caple e Stephan¹⁸, que apesar de não ter sido estabelecida necessariamente para a análise craniométrica em imagens de TCFC em 3D MPR, não dificultou a visualização e mensuração das grandezas. Pois, embora possam existir correlações entre a reprodutibilidade da localização desses pontos e a categoria de Bookstein que eles se inserem, elas serão estabelecidas de acordo com a modalidade dos dados e a metodologia de mensuração²⁵. Neste estudo, foi observado

um alto nível de CCI tanto intra como inter-examinadores, fato decorrente do treinamento e alinhamento das pesquisadoras, prévio às medições para concordância. Estes resultados corroboram estudos prévios, que demonstraram excelente reprodutibilidade e consistência nas mensurações em MPR¹⁷.

A análise das mensurações do grupo A (crânio-Emín), na análise de Bland Altman, demonstra uma propensão das medidas realizadas diretamente no crânio serem superestimadas em relação às medidas em Emín, revelando cinco medidas acima do limite superior (5.530) do intervalo de confiança. Três dessas medidas estão relacionadas à largura bi-orbitária (LBO), determinada por pontos craniométricos (ek-ek) localizados em estruturas anatômicas em formato de túnel, neste caso, as órbitas. Tal característica, já vista em estudo prévio¹⁵ pode superestimar o diâmetro medido com paquímetro. As outras duas medidas estão relacionadas à largura facial média (LF), estabelecida pela distância zm-zm, onde zm frequentemente não foi visualizado de forma nítida devido à calcificação da sutura zigomático-maxilar.

As mensurações consideradas no grupo B (crânio-Emáx) apresentaram cinco medidas acima do limite superior (8.485) do intervalo de confiança. Três mensurações relacionavam-se à largura máxima do crânio (LMC), na qual os valores da distância entre os pontos eu-eu obtidos pelo padrão-ouro foram maiores do que aqueles em Emáx. Este efeito pode ter ocorrido em decorrência da variabilidade na percepção sobre a localização do ponto

pelos operadores. Dez medidas relacionadas à distância ba-n, equivalente ao comprimento da base do crânio (CBC) apresentaram-se abaixo do limite inferior (-7.841) do intervalo de confiança, demonstrando que as medidas referência tendem a ser menores do que as medidas em Emáx. Este resultado se contrapõe a outros estudos nos quais os achados demonstraram que as medidas em MPR foram menores do que as distâncias reais, significativamente na base do crânio, em sua porção interna¹². Tal fato deve-se à localização dos pontos anatômicos na linha média da base do crânio, que são sobrepostos pelas estruturas adjacentes quando da reconstrução da imagem em MPR, em Emáx.

O teste de regressão linear mostra que existe um viés de proporção no grupo A (crânio-Emín), pois $p < 0.05$. Os valores das diferenças entre as medidas tenderam a se distribuir de forma heterogênea, mesmo dentro do intervalo de confiança de 95%, o que representa menor concordância entre a mensuração direta e a mensuração em Emín. Observando o comportamento dos grupos em relação à média das diferenças, o grupo B (crânio-Emáx) demonstrou maior para a concordância nesse grupo, com exceção da grandeza CBC, no entanto, o grupo A, apresentou um desempenho menor de concordância em relação ao grupo B, com uma tendência a valores maiores nas medidas diretas. A espessura do corte no modo de visualização de MIP afeta quantitativamente a aparência da imagem reconstruída em TCFC^{26,23}, no entanto, apesar da veracidade desta informação ter

sido constatada neste estudo, a diferença encontrada entre as mensurações direta e Emín, $p < 0.01$, na prática, foi menor do que 1 mm.

Considerando os achados deste estudo, a ferramenta de seleção da espessura do corte se mostrou um recurso de visualização de imagens importante para a avaliação específica das características anatômicas cranianas. A confiabilidade da técnica indica que o seu uso na análise antropométrica craniofacial pode contribuir nos casos de identificação de remanescentes humanos, assim como pode ser útil na reconstrução de crânios que apresentam fraturas patológicas ou provocadas por fatores tafonômicos.

CONCLUSÃO

A avaliação do software Horos para medidas lineares em crânios demonstrou que a escolha da espessura da fatia selecionada em MIP depende da grandeza linear que se quer mensurar, como no caso da escolha em Emáx, onde distâncias que envolvem pontos anatômicos localizados na linha média, na base do crânio, podem ser mensuradas inadequadamente.

Medidas craniométricas realizadas em espessura máxima podem ser consideradas confiáveis para análise antropométrica craniofacial. No entanto, em espessura mínima, a precisão é menor, com tendência a valores menores.

ABSTRACT

Introduction: In craniofacial anthropometry, facial anatomical structures are quantitatively evaluated, and cone beam computed tomography (CBCT) has significantly contributed to refine this approach. Anthropological and morphological analysis of the skull for age estimation or, assessment of facial soft tissue thickness for forensic facial approximation, can be benefited by advancement of CBCT image reconstruction and visualization tools at open-source software such as Horos™. Objective: This study verified the reliability and accuracy of linear measurements performed in CBCT in Multiplanar Reconstruction (MPR), in MIP visualization mode, at minimum (STmin) and maximum (STmax) slab thicknesses. Material and Method: 17 skulls from biobank of the Laboratory of Forensic Anthropology and Dentistry of University of São Paulo (OFLab-FOUSP) were selected for measurement of 10 linear distances, measured in three different ways, one directly on the skull (gold standard) and two in software (in STmin and STmax). For statistical analysis, the significance level of 5% was adopted. Results: Inter- and intra-examiner ICC (Intraclass Correlation Coefficient) was excellent. The consistency of measurements between the methods in groups A (skull-STmin) and B (skull-STmax) was verified by Bland-Altman analysis. Group B showed greater measurement accuracy than group A. However, differences found in group A was smaller than 1 mm, and it does not compromise the craniometric analysis. Conclusion: Both methods are reliable for linear measurements.

KEYWORDS

Forensic dentistry; Forensic anthropology; Cefalometry.

REFERÊNCIAS

1. Abu A, Ngo CG, Abu-Hassan NIA, Othman SA. Automated craniofacial landmarks detection on 3D image using geometry characteristics information. BMC Bioinformatics [Internet]. 2019 Feb [cited 2021 Jun 17];19(S13):548. <https://doi.org/10.1186/s12859-018-2548-9>.
2. Jayaratne YSN, Zwahlen RA. Application of Digital Anthropometry for Craniofacial Assessment. Craniomaxillofacial Trauma Reconstr [Internet]. 2014 Jun [cited 2021 Aug 7];7(2):101–7. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1371540>.
3. Valeri G, Mazza FA, Maggi S, Aramini D, La Riccia L, Mazzoni G, et al. Open source software in a practical approach for post processing of radiologic images. Radiol Med (Torino) [Internet]. 2015 Mar [cited 2021 Aug 23];120(3):309–23. <https://doi.org/10.1007/s11547-014-0437-5>.
4. Gaia BF, Pinheiro LR, Umetsubo OS, Santos O, Costa FF, Cavalcanti MGP. Accuracy and reliability of linear measurements using 3-dimensional computed tomographic imaging software for Le Fort I Osteotomy. Br J Oral Maxillofac Surg [Internet]. 2014 Mar [cited

- 2021 Jul 22];52(3):258–63.
<https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2013.12.012>
5. Maret D, Peters OA, Dedouit F, Telmon N, Sixou M. Cone-Beam Computed Tomography: A useful tool for dental age estimation? *Med Hypotheses* [Internet]. 2011 May [cited 2021 Aug 8];76(5):700–2. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2011.01.039>
 6. Cavalcanti MGP. Cone Beam Computed Tomographic Imaging: Perspective, Challenges, and the Impact of Near-Trend Future Applications. *J Craniofac Surg* [Internet]. 2012 Jan [cited 2021 Aug 8];23(1):279–82. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e318241ba64>.
 7. Beaini TL, Miamoto P, Duailibi-Neto EF, Tedeschi-Oliveira SV, Chilvarquer I, Melani RFH. Facial soft tissue depth measurements in cone-beam computed tomography: A study of a Brazilian sample. *Leg Med* [Internet]. 2021 May [cited 2021 Apr 19];50:101866. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2021.101866>.
 8. Tarazona-Alvarez P, Romero-Millan J, Penarrocha-Oltra D, Fuster-Torres M, Tarazona B, Penarrocha-Diago M. Comparative study of mandibular linear measurements obtained by cone beam computed tomography and digital calipers. *J Clin Exp Dent* [Internet]. 2014 [cited 2021 Jul 22];e271-4. <http://dx.doi.org/10.4317/jced.51426>.
 9. Gribel BF, Gribel MN, Frazão DC, McNamara JA, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod* [Internet]. 2011 Jan [cited 2021 Aug 6];81(1):26–35. <http://dx.doi.org/10.2319/032210-166.1>.
 10. Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJR, Ren Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 2010 Jan [cited 2021 Jul 22];137(1):16.e1-16.e6. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.06.016>
 11. Barreto MS, Silva Barbosa I, Miranda Leite-Ribeiro P, Araújo TM, Almeida Sarmiento V. Accuracy of the measurements from multiplanar and sagittal reconstructions of CBCT. *Orthod Craniofac Res* [Internet]. 2020 May [cited 2021 Jul 22];23(2):223–8. <https://doi.org/10.1111/ocr.12362>.
 12. Lascala C, Panella J, Marques M. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofacial Radiol* [Internet]. 2004 Sep [cited 2021 Aug 2];33(5):291–4. <https://doi.org/10.1259/dmfr/25500850>.
 13. Moreira CR, Sales MAO, Lopes PML, Cavalcanti MGP. Assessment of linear and angular measurements on three-dimensional cone-beam computed tomographic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* [Internet]. 2009 Sep [cited 2021 Jun 5];108(3):430–6. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.01.032>.
 14. Fernandes TMF, Adamczyk J, Poleti ML, Henriques JFC, Friedland B, Garib DG. Comparison between 3D volumetric rendering and multiplanar slices on the reliability of linear measurements on CBCT images: an in vitro study. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2014 Jul 4 [cited 2021 Jun 5];23(1):56–63. <https://doi.org/10.1590/1678-775720130445>.
 15. Wikner J, Hanken H, Eulenburg C, Heiland M, Gröbe A, Assaf AT, et al. Linear accuracy and reliability of volume data sets acquired by two CBCT-devices and an MSCT using virtual models: A comparative *in-vitro* study. *Acta Odontol Scand*. 2016 Jan 2 [cited 2021 Jul 22];74(1):51–9. <https://doi.org/10.3109/00016357.2015.1040064>.
 16. Patcas R, Angst C, Kellenberger CJ, Schätzle MA, Ullrich O, Markic G. Method of visualisation influences accuracy of measurements in cone-beam computed tomography. *J Cranio-Maxillofac Surg* [Internet]. 2015 Sep [cited 2021 Jul 22];43(7):1277–83. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.05.001>.
 17. de Oliveira AEF, Cevidanes LHS, 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 Endodontology* [Internet]. 2009 Feb [cited 2021 Aug 6];107(2):256–65. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.05.039>.
 18. Caple J, Stephan CN. A standardized nomenclature for craniofacial and facial anthropometry. *Int J Legal Med* [Internet]. 2016 May [cited 2021 Aug 8];130(3):863–79. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00414-015-1292-1>.
 19. Beaini TL, Dias PEM, Melani RFH. Dry skull positioning device for extra-oral radiology and cone-beam CT. *Int J Legal Med* [Internet]. 2014 Jan [cited 2021 Jul 25];128(1):235–41. <https://doi.org/10.1007/s00414-013-0905-9>.
 20. Chadwick JW, Lam EWN. The effects of slice thickness and interslice interval on reconstructed cone beam computed tomographic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology* [Internet]. 2010 Oct [cited 2021 Aug

- 2];110(4):e37–42.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.05.008>.
21. Abramovitch K, Rice DD. Basic Principles of Cone Beam Computed Tomography. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2014 Jul [cited 2021 Jul 22];58(3):463–84. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.03.002>.
 22. Grauer D, Cevidanes LSH, Proffit WR. Working with DICOM craniofacial images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 2009 Sep [cited 2021 Aug 7];136(3):460–70. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.04.016>
 23. Spin-Neto R, Marcantonio E, Gotfredsen E, Wenzel A. Exploring CBCT-Based DICOM Files. A Systematic Review on the Properties of Images Used to Evaluate Maxillofacial Bone Grafts. *J Digit Imaging* [Internet]. 2011 Dec [cited 2021 Jul 22];24(6):959–66. <https://doi.org/10.1007/s10278-011-9377-y>.
 24. Dias PEM, Beaini TL, Melani RFH. Evaluation of osifix software with craniofacial anthropometric purposes. *J Res Dent* [Internet]. 2013 Dec 14 [cited 2021 Jun 24];1(4):351. <http://dx.doi.org/10.19177/jrd.v1e42013351-367>.
 25. Wärmländer SKTS, Garvin H, Guyomarc'h P, Petaros A, Sholts SB. Landmark Typology in Applied Morphometrics Studies: What's the Point?: *Anat Rec* [Internet]. 2019 Jul [cited 2021 Dec 29];302(7):1144–53 <http://dx.doi.org/10.1002/ar.24005>.