

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

**ANÁLISE MORFOLÓGICA COMPARATIVA DO CÔNDILO
MANDIBULAR E OUTRAS ESTRUTURAS DA MANDÍBULA E
BASE DO CRÂNIO EM MALOCCLUSÕES CLASSE I, II E III
ESQUELÉTICAS**

Ana Paula Tenório de Sá Pontes

CD, MO

Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos, para a obtenção do Título de Doutor em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

- 2021-

**ANÁLISE MORFOLÓGICA COMPARATIVA DO CÔNDILO MANDIBULAR E
OUTRAS ESTRUTURAS DA MANDÍBULA E BASE DO CRÂNIO EM
MALOCCLUSÕES CLASSE I, II E III ESQUELÉTICAS**

ANA PAULA TENÓRIO DE SÁ PONTES, CD, MO

Orientadores: Prof^a. Dr^a. MÔNICA TIRRE DE SOUZA ARAÚJO

Prof. Dr. ANTÔNIO CARLOS DE O. RUELLAS

**Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de
Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro -
UFRJ, como parte dos requisitos, para obtenção do Título
de Doutor em Odontologia (Ortodontia).**

Comissão Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Mônica Tirre de Souza Araújo
CD, MO, DO

Prof. Dr. Antônio Carlos de O. Ruellas
CD, MO, DO

Prof^a. Dr^a. Maria Augusta P.G. Visconti
CD, MO, DO

Prof^a. Dr^a. Luciana Rougemont Squeff
CD, MO, DO

Prof^a. Dr^a. Maria Bernadete Sasso Stuani
CD, MO, DO

Rio de Janeiro

2021

Ficha Catalográfica**TENÓRIO DE SÁ, Ana Paula**

Análise morfológica comparativa do côndilo mandibular e outras estruturas da mandíbula e base do crânio em maloclusões classe I, II e III esqueléticas.

xviii, 97f.

Tese: Doutorado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Faculdade de Odontologia, 2021.

1. Côndilo mandibular

2. Mandíbula

3. Base do crânio

4. Teses

I. Título

II. Tese (Doutorado – UFRJ/Faculdade de Odontologia)

Título do projeto:

1- Análise morfológica comparativa do côndilo mandibular e outras estruturas da mandíbula e base do crânio em maloclusões classe I, II e III esqueléticas.

Linhas de Pesquisa:

1- AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E DO DESENVOLVIMENTO DA FACE E DO APARELHO MASTIGADOR.

Aprovação no Comitê de Ética: aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), segundo o parecer 4.451.444.

À Deus,

Pelo dom da vida.

Aos meus Filhos João e Sue,

pela descoberta do amor mais puro e verdadeiro. A vocês dedico
minha vida!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus e à Nossa Senhora pelo dom da vida e por guiar meus passos, permitindo-me discernimento nas escolhas. O percurso foi longo, por vezes, exaustivo. Entretanto, engrandecedor.

Ao meu filho, **João**, que chegou e transformou a minha vida. Nenhuma palavra pode expressar o que sinto por você meu pequeno. Hoje minha vida só faz sentido com você ao meu lado. À minha pequenina, **Sue**, que ainda se desenvolve no meu ventre mas já representa outro grande amor da minha vida. Nossa história está só começando.

Aos meu pais, **Helion e Verônica**, que são minhas grandes fontes de inspirações, cada um com suas qualidades, mas um casal que se completa e alcança a perfeição. Me proporcionaram a melhor educação, uma vida confortável, mas acima de tudo uma vida cheia de amor e carinho. Vocês são as grandes bênçãos de Deus na minha vida.

À minha avó, **Sue Elena**, por está presente em todos os momentos. Por todo amor, dedicação e orações.

Ao meu marido **Lucas**, por todo amor comigo e com nosso filho João. Pelas abdicções necessárias em todas as vezes em que você assumiu o papel de pai e mãe, e fez isso com maestria, leveza. Obrigada amor por toda dedicação, sem você nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, **Waleska e Helion Neto**, pelo carinho e palavras de conforto nos dias mais difíceis.

Aos Professores do curso de Pós-Graduação em Odontologia - Ortodontia da UFRJ, **Amanda Cunha Regal de Castro, Ana Maria Bolognese, Antônio**

Carlos de Oliveira Ruellas, Eduardo Franzotti Sant'Anna, José Fernando Stangler Brazalle, Lincoln Issamu Nojima, Luciana Rougemont Squeff, Luiz Felipe Cardoso de Araujo, Margareth Maria Gomes de Souza, Matilde da Cunha Gonçalves Nojima, Mônica Tirre de Souza Araújo por permitirem a concretização da realização da minha pós-graduação na escola mais tradicional de Ortodontia do Brasil. Estudar na UFRJ foi um grande sonho realizado.

À minha orientadora, Profa. Dra. **Mônica Tirre**, por todo carinho depositado em mim desde o mestrado. Por todo estímulo e encorajamento necessários para que fosse possível a conclusão do doutoramento, amplos conhecimentos e segura argumentação.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. **Antônio Carlos Ruellas**, por toda contribuição e pela maneira leve, gentil e humilde de ensinar e compartilhar. Sempre disposto a ajudar e esclarecer questionamentos. Obrigada por toda disponibilidade em ensinar.

À Profa. Dra. **Amanda Cunha**, minha querida Amandinha, uma amiga-irmã carioca. Minha fonte de inspiração desde os primeiros dias de convivência no mestrado, gratidão por toda ajuda no desenvolvimento desta tese, mas principalmente por está ao meu lado por todos esses anos, dividindo as grandes felicidades, e também os dias de angústias e incertezas. Você, toda sua família e Rodrigo estarão para sempre em meu coração.

À Profa. Dra. **Maria Augusta Visconti**, por ser sempre solícita e atenciosa. Agradeço por todo carinho, incentivo e pela ajuda nas fases iniciais desse projeto.

Aos meus amigos de turma de Mestrado, **Amanda Cunha Regal de Castro, Carolina Vieira Valadares, Cinthia Candemil Nuernberg, Renata de**

Faria Santos e Rowan do Vale Vilar pela amizade e por todas as lembranças dos momentos compartilhados durante o curso. Aos também amigos de Doutorado, **Alice Spitz, Fernanda Blaudt Carvalho Marques, Johnny de Gauw, Ilana Oliveira, Pedro Lima Emmerich Oliveira, Jamille Barros, Lilian Siqueira de Lima, Carolina Ribeiro Starling, Adriele da Silveira Araújo, Daniel Paludo Brunetto, Rodrigo Lopes Lima, Luciana Duarte Caldas, Alline Birra Nolasco Fernandes, Dayane Lopes da Silva, Geórgia Wain Thi Lau, Hibernon Lopes Filho, Ligia Vieira Claudino, Lúcio Henrique Maia, Sania Ornellas e Theresa Cristina Pereira de Oliveira**, pela amizade, incentivo e experiências compartilhadas. Em especial ao meu amigo **Johnny de Gauw**, que me acompanha desde a graduação, escolhemos a Ortodontia e seguimos juntos.

Aos funcionários **Diane Esteves de Souza Dores, Laís Paiva Monteiro, Mônica Mello do Nascimento Gonçalves, Robson Antônio de França** (*in memoriam*) e **Vanilda Antônio Saturnino** pela dedicação e carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela concessão da bolsa de estudo durante o período vigente do curso.

RESUMO

TENÓRIO-DE-SÁ, Ana Paula. **Análise morfológica comparativa do côndilo mandibular e outras estruturas da mandíbula e base do crânio em maloclusões classe I, II e III esqueléticas.** Orientadores: Prof^a. Dr^a. Mônica Tirre de Souza Araújo e Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2021. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 97f.

O objetivo deste estudo foi comparar o volume condilar em indivíduos com diferentes maloclusões esqueléticas. Também foram realizadas análises das semelhanças morfológicas entre o côndilo mandibular e outras estruturas da mandíbula e base do crânio, por meio de medidas lineares e volumétricas. Essas análises foram realizadas usando Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), modelos tridimensionais de côndilos mandibulares e sínfise mandibular de 58 indivíduos foram construídos, e os volumes e áreas foram mensurados. A amostra foi dividida nos seguintes grupos: Classe I ($0 \leq ANB \leq 4,5^\circ$) (n=18), Classe II ($ANB > 4,5^\circ$) (n=21) e Classe III ($ANB < 0^\circ$) (n=19). Dezesesseis pontos de referência do tecido duro na mandíbula e base do crânio foram identificados por um operador treinado e calibrado. Foram obtidas as distâncias 3D entre os pontos e as projeções nos três planos do espaço (x, y e z). A comparação do volume condilar entre os lados direito e esquerdo foi realizada pelo teste de

Wilcoxon (Classe I) e Test t pareado (Classe II e III) e a comparação inter-grupos foi realizada com o teste ANOVA/Tukey ($\alpha=0,05$). Análises de correlação de Pearson e regressão linear foram realizadas para avaliar a relação entre o volume dos côndilos e a sínfise mandibular, e o volume dos côndilos e as medidas lineares realizadas na mandíbula e base do crânio. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os volumes condilares dos lados direito e esquerdo em diferentes maloclusões esqueléticas (Classe I: $p=0,728$; Classe II: $p=0,741$ e Classe III: $p=0,155$). Indivíduos de classe III apresentaram maior volume condilar (Classe III: $1990,85 \pm 559,42$) em comparação aos indivíduos de classe I e II (Classe I: $1835,22 \pm 552,15$; Classe II: $1725,47 \pm 394,64$), embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($p=0,214$). Houve uma correlação significativa, mas moderada, entre os volumes condilares e as medidas lineares da sínfise mandibular ($p < 0,01$). Conclui-se que os volumes condilares não variam significativamente em diferentes padrões esqueléticos sagitais e, entre os lados direito e esquerdo. A relação entre o volume condilar e a sínfise mandibular foi moderada e equações de regressão foram desenvolvidas para estimar o volume condilar.

SUMMARY

TENÓRIO-DE-SÁ, Ana Paula. **Comparative morphological analysis of the mandibular condyle and other structures of mandible and cranial base in class I, II and III skeletal malocclusions.** Orientadores: Prof^a. Dr^a. Mônica Tirre de Souza Araújo e Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2021. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). 97f.

The aim of this study was to compare the condylar volume in individuals with different skeletal classes. Analyses of the morphological similarities between the mandibular condyle and other structures of the mandible and cranial base were also performed, using linear and volumetric measurements. These analyses were performed using Cone Beam Computed Tomography (CBCT), three-dimensional models of mandibular condyles and mandibular symphysis of 58 individuals were constructed, and volumes and areas were measured. The sample was divided into the following groups: Class I ($0 \leq ANB \leq 4.5^\circ$) (n = 18), Class II ($ANB > 4.5^\circ$) (n = 21) and Class III ($ANB < 0^\circ$) (n = 19). Sixteen hard tissue reference points in the mandible and cranial base were identified by a trained and calibrated operator. 3D distances were obtained between the points and the projections in the three planes of the space (x, y and z). The comparison of the condylar volume between the right and left sides was performed by the Wilcoxon test (Class I) and the paired t-test (Class II and III) and the inter-group comparison was performed

with the ANOVA / Tukey test ($\alpha = 0, 05$). Pearson's correlation analyzes and linear regression were performed to assess the relationship between condylar volume and mandibular symphysis, and condylar volume and linear measurements. There was no statistically significant difference between condylar volumes on the right and left sides in different skeletal malocclusions (Class I: $p = 0.728$; Class II: $p = 0.741$ and Class III: $p = 0.155$). Class III individuals had a higher condylar volume (Class III: 1990.85 ± 559.42) compared to Class I and II individuals (Class I: 1835.22 ± 552.15 ; Class II: $1725.47 \pm 394, 64$), although the difference was not statistically significant ($p = 0.214$). There was a significant, but moderate, correlation between condylar volumes and linear measurements of the mandibular symphysis ($p < 0.01$). It is concluded that the condylar volumes do not vary significantly in different sagittal skeletal patterns and, between the right and left sides. The relationship between the condylar volume and the mandibular symphysis was moderate and regression equations were developed to estimate the condylar volume.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
ATM	Articulação temporomandibular
FOV	Field of view
DICOM	Digital imaging and communications in medicine
gipl.gz	Guys image processing lab
RMP	Reconstruções multiplanares

LISTA DE FIGURAS

DELINEAMENTO DA PESQUISA

		Página
Figura 1	Representação gráfica dos estágios de maturação das vértebras cervicais (Método CVM). CS1, Estágio Cervical 1; CS2, Estágio Cervical 2; CS3, Estágio Cervical 3; CS4, Estágio Cervical 4; CS5, Estágio Cervical 5; CS6, Estágio Cervical 6. Fonte: Baccetti, Franchi e McNamara, 2005.	6
Figura 2	Interface do programa ITK-SNAP evidenciando as RMP (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) e a segmentação dos côndilos após processos automáticos e manuais.	10
Figura 3	Interface do programa ITK-SNAP evidenciando as RMP (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) e a segmentação do <i>slice</i> da sínfise mandibular.	11
Figura 4	Interface do programa ITK-SNAP evidenciando corte sagital e a segmentação referente à sínfise total. Os pontos e linhas serão utilizados como referência para obtenção da área da sínfise parcial.	12
Figura 5	Interface do programa ITK-SNAP evidenciando corte sagital e a segmentação referente à sínfise parcial.	13
Figura 6	Interface do programa ITK-SNAP evidenciando a marcação do ponto N com auxílio das reconstruções multiplanares (RMP), axial, coronal e sagital, bem como a reconstrução 3D da imagem e a ferramenta de visualização da segmentação nas reconstruções multiplanares (<i>overall label opacity</i>).	17
Figura 7	Interface do programa ITK-SNAP evidenciando a marcação do ponto GoR com auxílio das reconstruções	17

multiplanares (RMP), axial, coronal e sagital, bem como a reconstrução 3D do ângulo mandibular (segmentação em vermelho).

- Figura 8** Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta *angle planes*. Foram utilizados planos nos cortes coronal (verde), axial (vermelho) e sagital (amarelo) com intuito de unir os pontos selecionados e padronizar o corte dos côndilos em todos os pacientes. 19
- Figura 9** Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta *angle planes*. O corte coronal (verde) foi utilizado para unir os pontos: Incisura sigmoide direita (IncR) e processo coronóide direito (PCorR) e Incisura sigmoide esquerda (IncL) e processo coronóide esquerdo (PCorL) para os côndilos do lado direito e esquerdo, respectivamente, e assim padronização do corte dos côndilos mandibulares. 19
- Figura 10** Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta *easy clip*, e o corte dos côndilos mandibulares de forma padronizada. 20
- Figura 11** Interface do programa ITK-SNAP evidenciando a mensuração dos volumes condilares em mm³. 20
- Figura 12** Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta Q3DC, medida angular SNA obtida tridimensionalmente. 23

ARTIGO 1

- Figura 1** Slicer software interface showing the angle planes tool. Plans were used in the coronal (green), axial (red) and sagittal (yellow) sections in order to join the selected points and standardize the cut of the condyles in all patients. 42
- Figura 2** Slicer program interface showing the angle planes tool. The coronal section (green) was used to join the points: 42

right sigmoid notch (IncR) and right coronoid process (PCorR) and left sigmoid notch (IncL) and left coronoid process (PCorL) for the right and left condyles, respectively, and thus standardization of the cut of the mandibular condyles

Figura 3 ITK-SNAP program interface showing the measurement of condylar volumes in mm³. 43

ARTIGO 2

Figura 1 Interface of the ITK-SNAP program showing sagittal section and segmentation referring to the total symphysis. The points and lines of will be used as references to obtain the volume of the partial symphysis. 66

Figura 2 Interface of the ITK-SNAP program showing sagittal section and segmentation related to partial symphysis. 67

LISTA DE TABELAS

DELINEAMENTO DA PESQUISA		Página
Tabela 1	Pontos cefalométricos utilizados.	14
Tabela 2	Medidas lineares.	22
Tabela 3	Medidas angulares.	22
ARTIGO 1		
Tabela 1	Definitions of landmarks used in this study.	40
Tabela 2	Definitions of landmarks used in this study for condyle cutting.	41
Tabela 3	Descriptive statistics of condylar volume (mm^3) in the whole sample, and in subjects classified on the base of skeletal class.	43
ARTIGO 2		
Tabela 1	Definitions of landmarks used in this study.	62
Tabela 2	Linear measurements.	64
Tabela 3	Descriptive statistics.	65
Tabela 4	Pearson correlation.	52
Tabela 5	Multiple linear regression analysis between the condyle mean and symphysis total, symphysis partial and distance between points Pog and Pog _L (references AP and 3D).	66

ÍNDICE

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 PROPOSIÇÃO.....	4
3 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	5
3.1 CASUÍSTICA.....	5
3.2 OBTENÇÃO DAS TOMOGRAFIAS COMPUTADORIZADAS DE FEIXE CÔNICO.....	7
3.3 ORIENTAÇÃO DO POSICIONAMENTO DA CABEÇA 3D.....	7
3.4 SEGMENTAÇÃO DOS CÔNDILOS MANDIBULARES.....	9
3.5 SEGMENTAÇÃO E MENSURAÇÃO DA SÍNFISE MANDIBULAR.....	11
3.6 MARCAÇÃO DOS PONTOS (LANDMARKS) NAS SEGMENTAÇÕES.....	13
3.7 MENSURAÇÕES DOS VOLUMES CONDILARES.....	18
3.8 REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS E OBTENÇÃO DOS DADOS.....	21
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	25

4.1 ARTIGO 1: TENÓRIO-DE-SÁ, A.P.T; RUELLAS, A.C.O.; CASTRO, A.C.R.; LIMA, L.S.; VISCONTI, M.A.; ARAÚJO, M.T.S. Volumetric analysis of mandibular condyle in class I, class II and class III skeletal patterns. Artigo a ser submetido ao periódico AJODO	26
4.2 ARTIGO 2: TENÓRIO-DE-SÁ, A.P.T; RUELLAS, A.C.O.; CASTRO, A.C.R.; LIMA, L.S.; VISCONTI, M.A.; ARAÚJO, M.T.S. 3D verification of relationships between volume of mandibular condyle and measurements of cranial base and mandibular symphysis. Artigo a ser submetido ao periódico AJODO.....	44
5 DISCUSSÃO.....	68
6 CONCLUSÕES.....	75
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
8 ANEXOS.....	90
8.1 ANEXO 1: PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	

1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico por imagem é uma ferramenta inestimável na área da saúde. Constitui-se um método eficaz para o mapeamento de forma não invasiva da anatomia de um indivíduo. Essas tecnologias contribuíram sobremaneira para a evolução do conhecimento acerca da anatomia normal e patológica, bem como para a pesquisa médica (Pham et al., 2000).

A Articulação Temporomandibular (ATM) é uma articulação diartroidal formada pela parte escamosa do osso temporal e o processo condilar da mandíbula. Interposto entre as citadas estruturas ósseas encontra-se o disco articular, estando todos esses elementos envolvidos por uma cápsula fibrosa e banhados por líquido sinovial (TOMAS et al., 2006; ALOMAR et al., 2007; MOLINARI et al., 2007; OKESON, 2007; HEDGE, PRAVEEN, SHIETTY, 2013;). A ATM é a única articulação do corpo que possui seu movimento guiado não só pelos ossos, músculos e ligamentos, como também pela oclusão dentária; e que, mesmo sendo bilateral, trabalha como apenas uma unidade funcional pois as articulações direita e esquerda estão unidas pela mandíbula e incapazes de funcionarem independentemente uma da outra (ALOMAR et al., 2007).

De maneira geral, todas as condições patológicas que envolvem a ATM causam alterações que se iniciam no tecido de recobrimento e podem progredir e envolver as superfícies ósseas. Os principais achados radiográficos são aplainamento, esclerose, formação de osteófitos, erosões, reabsorção do

côndilo e da fossa articular e redução dos espaços articulares (ALEXIOU et al., 2009; FERRAZ JÚNIOR et al., 2012). No caso dos côndilos, as erosões, variando de pequenas lesões à completa ausência dessas regiões ósseas, são as segundas alterações degenerativas mais frequentemente percebidas nos exames radiográficos, ficando atrás somente dos aplainamentos (BERNI NETO et al., 2003; ALEXIOU et al., 2009; LARHEIN et al., 1981).

O uso da tomografia computadorizada em estudos sobre a ATM significou um avanço significativo na pesquisa da morfologia dessas estruturas e no diagnóstico de patologias difíceis de identificar por radiografias convencionais (KATZBERG, 1989).

A avaliação morfológica do complexo craniofacial, utilizando Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), pode ser realizada de diversas maneiras, dentre as quais, destaca-se a técnica de segmentação. A segmentação pode ser definida como o processo de construção de modelos virtuais 3D (chamados de segmentações) de uma determinada estrutura. Significa separar um elemento específico, através da remoção de outras estruturas de não interesse, para melhor visualização e análise. Modelos virtuais 3D de estruturas esqueléticas, tecidos moles e vias aéreas podem ser construídos por meio de segmentação, servindo como base para análises quantitativas e qualitativas do complexo craniofacial (CEVIDANES et al., 2015; RUELLAS et al., 2016).

Apesar de existirem estudos na literatura sobre morfologia e volume condilar de pacientes com deformidades dentofaciais (RODRIGUES et al., 2009; TECCO et al., 2010; BAYRAM et al., 2012; SACCUCCI et al., 2012), não foram encontrados estudos que comparassem a morfologia condilar com a morfologia

de outras estruturas da mandíbula, como a sínfise mandibular, e da base do crânio.

O objetivo deste estudo foi comparar o volume condilar em indivíduos com diferentes maloclusões esqueléticas antero-posteriores e investigar semelhanças morfológicas entre o côndilo mandibular e outras estruturas craniofaciais (sínfise mandibular e base craniana) em imagens de TCFC, por meio de medidas lineares e volumétricas.

2 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar, utilizando-se imagens de TCFC, a morfometria do côndilo mandibular e a sua correlação com outras estruturas da mandíbula e base do crânio, em pacientes classe I, II e III esqueléticas.

2.1 Objetivo 1: Realizar comparação volumétrica do côndilo mandibular entre os lados direito e esquerdo e verificar possíveis correlações com as diferentes maloclusões esqueléticas.

2.3 Objetivo 2: Verificar correlação entre o volume do côndilo mandibular e medidas realizadas na sínfise mandibular e base do crânio, e as possíveis equações de regressão que podem ser geradas para predição do volume condilar.

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

3.1 CASUÍSTICA

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e aprovado sob o parecer do comitê de ética número 4.451.444 (anexo 1, pág. 90).

O material utilizado neste estudo foi composto por exames TCFC de pacientes matriculados para tratamento ortodôntico na clínica do Mestrado em Ortodontia do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Ortodontia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os exames, obtidos para fins de diagnóstico e tratamento, pertencem ao acervo de documentação dessa instituição. O estudo constitui-se da análise retrospectiva, que foi feita nas imagens de um banco de dados, por meio de consulta à documentação já existente dos pacientes, sem a necessidade de nova exposição à radiação. Toda fase de obtenção dos dados foi estabelecida por meio de códigos, de forma aleatória, impossibilitando a identificação dos arquivos.

Foram selecionados 58 pacientes, os quais foram divididos de acordo com o valor do ângulo ANB, em três grupos distintos, com 18 pacientes no grupo 1, 21 pacientes no grupo 2 e 19 pacientes no grupo 3. Grupo 1: Classe I ($0 \leq \text{ANB}$

$\geq 4,5^\circ$), Grupo 2: Classe II ($ANB > 4,5^\circ$) e Grupo 3: Classe III ($ANB < 0^\circ$). O estudo abrangeu uma amostra com exames de indivíduos com estágio de maturação das vértebras cervicais pelo menos no estágio 4 – CS4 (BACCETTI, FRANCHI e MCNAMARA, 2005), de ambos os sexos, sem distinção de raça e com bom estado de saúde geral.

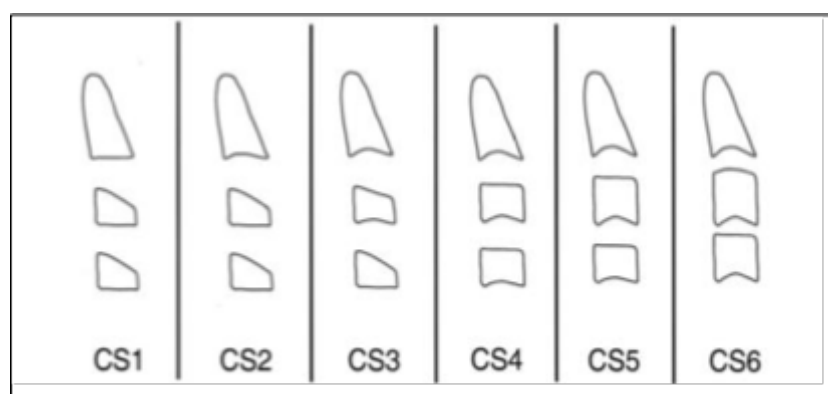


Figura 1 Representação gráfica dos estágios de maturação das vértebras cervicais (Método CVM). CS1, Estágio Cervical 1; CS2, Estágio Cervical 2; CS3, Estágio Cervical 3; CS4, Estágio Cervical 4; CS5, Estágio Cervical 5; CS6, Estágio Cervical 6. Fonte: Baccetti, Franchi e McNamara, 2005.

Os critérios de exclusão que foram utilizados envolveram indivíduos com síndromes ou anomalias de crescimento e/ou desenvolvimento do complexo craniofacial; exames de TCFC que revelassem qualquer patologia mandibular ou apresentassem artefatos que dificultassem a visualização das estruturas de interesse.

3.2 OBTENÇÃO DAS TOMOGRAFIAS COMPUTADORIZADAS DE FEIXE CÔNICO (TCFC).

Os exames de TCFC foram realizados no serviço de Radiologia do Departamento de Patologia e Diagnóstico Oral da FO-UFRJ, Rio de Janeiro/RJ. Esses foram obtidos com o tomógrafo de feixe cônico Kodak 9500[®] Cone Beam (Carestream Dental), segundo os seguintes parâmetros de aquisição: 90 KVp, 10mA, FOV (*field of view*) de 18,4 x 20,6 cm, voxel de 0,3 mm³ e tempo de escaneamento de 24 s.

Os exames tomográficos selecionados foram salvos em arquivo DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) e armazenados em estação de trabalho independente no programa *Dolphin Imaging System*[®], do curso de Pós-Graduação em Odontologia (Doutorado em Ortodontia) da FO-UFRJ.

3.3 ORIENTAÇÃO DO POSICIONAMENTO DA CABEÇA 3D

Primeiramente os arquivos DICOM foram convertidos em arquivos “gipl.gz” (*Guys image processing lab*) utilizando o programa gratuito ITK-SNAP versão 3.8.0. O mesmo programa foi utilizado para gerar as segmentações dos arquivos de imagens. Foram gerados mapas volumétricos 3D (segmentações) da base craniana, maxila e mandíbula. O processamento das tomografias e dos modelos virtuais foi feito em dois *softwares* gratuitos ITK-SNAP (www.itksnap.org) e SLICER (www.slicer.org).

Os procedimentos de segmentação semiautomática do programa foram realizados, utilizando métodos de contorno ativo para computar estruturas anatômicas com base na intensidade do nível de cinza das imagens e seus limites. Após a segmentação semiautomática, cada imagem escaneada foi ajustada por um avaliador experiente (ACOR) utilizando a ferramenta *threshold* (limite de intensidade), uma vez que o ITK-SNAP permite que o usuário edite contornos de forma interativa. Esses ajustes foram realizados para precisar as estruturas e regiões mais relevantes para o estudo, as quais foram verificadas por um único examinador de forma manual.

O propósito da segmentação neste estudo foi construir modelos de superfície 3D para permitir a orientação da cabeça e realizar medições quantitativas e avaliações em 3D. As imagens foram orientadas e posicionadas utilizando o programa 3D Slicer.

Embora esforços sejam feitos para padronizar a posição da cabeça do paciente durante a aquisição da imagem, essa orientação não é suficiente para padronização das medições que o paciente apresentava durante a obtenção do exame. A orientação da cabeça foi realizada pelo mesmo operador (ACOR), utilizando o programa gratuito 3D Slicer Versão 4.4 (<https://www.slicer.org>) seguindo uma técnica baseada nos 3 planos, isto é, axial, coronal e sagital como descrito por Ruellas em 2016 (Ruellas et al., 2016). Para orientação da cabeça foi utilizado a ferramenta *Transforms* do programa 3D Slicer. Os planos utilizados foram: Plano Horizontal de Frankfurt, Plano Transporiônico e Plano Sagital.

Um sistema fixo de coordenadas 3D (planos vermelho, amarelo e verde) é exibido pelo programa 3D Slicer e serviu como referência para orientar todos os modelos 3D. O plano horizontal de Frankfurt faz correspondência com o plano

vermelho, enquanto que a linha transporiônica coincide com a intersecção do plano vermelho com a caixa branca em ambos os lados da cabeça. A matriz gerada a partir desse procedimento de orientação sistemática foi aplicada as reconstruções e aos mapas volumétricos 3D (segmentação), obtendo a mesma orientação de cabeça. As amostras foram orientadas no mesmo sistema de coordenadas 3D, obtendo-se uma orientação de cabeça padronizada.

3.4 SEGMENTAÇÃO DOS CÔNDILOS MANDIBULARES

Após a adequada orientação da cabeça, os arquivos obtidos na primeira fase foram exportados para o software ITK-SNAP 3.8.0, onde o volume foi submetido ao modo de segmentação semiautomática, com a ferramenta “*Active contour segmentation mode*”, a qual permite uma diferenciação e seleção das estruturas baseadas em seu valor na escala Hounsfield e nas proximidades com estruturas adjacentes. Com segmentação semiautomática foi possível delimitar as áreas de osso corticalizado e então o osso medular, de menor valor de unidade Hounsfield, era preenchido manualmente percorrendo os cortes tomográficos (Fig. 2, pág. 10). Foram segmentados 116 côndilos mandibulares (58 côndilos direito e 58 côndilos esquerdo).

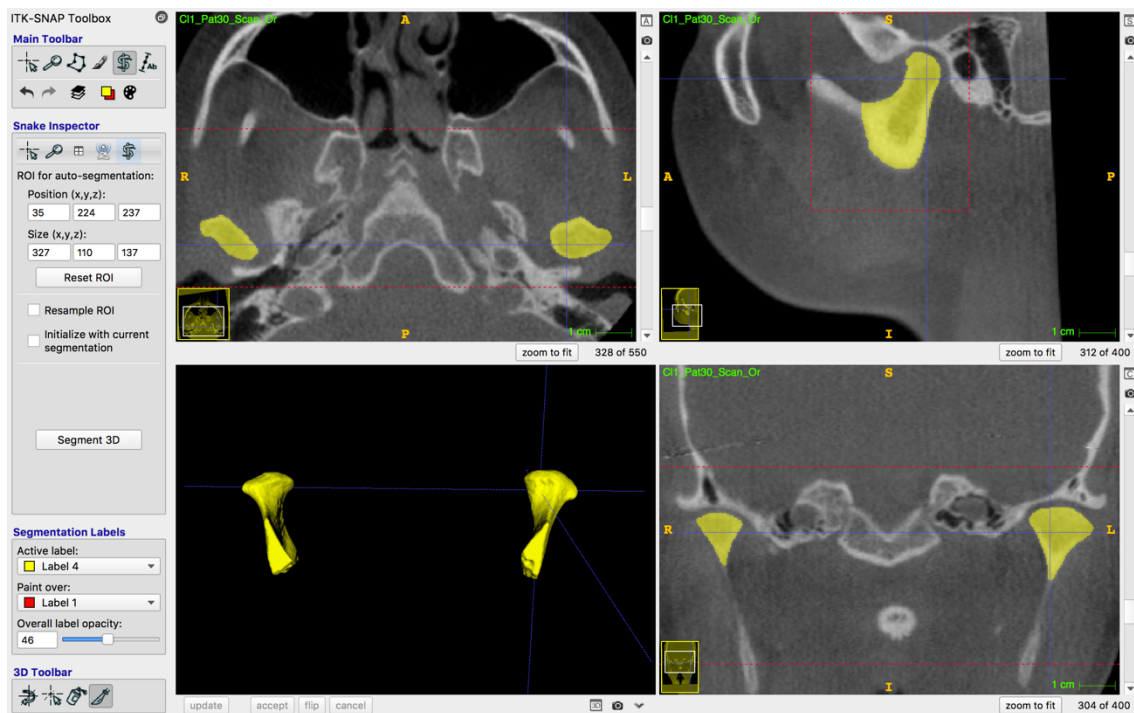


Figura 2 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando as reconstruções multiplanares (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) e a segmentação dos côndilos após processos automáticos e manuais.

Para melhor identificação das estruturas ósseas, foi escolhida a cor amarela para representação dos côndilos mandibulares. Após a total segmentação do côndilo, seu volume não foi mensurado no programa ITK-SNAP pois ainda seria necessária a marcação das *landmarks* de referência para a padronização da região de corte dessas estruturas ósseas e então a mensuração do seu volume, esse processo será descrito a seguir (págs. 13, 14, 15, 16 e 17).

3.5 SEGMENTAÇÃO E MENSURAÇÃO DA SÍNFISE MANDIBULAR

Para quantificação da área referente à sínfise mandibular optou-se por realizar a segmentação de apenas um corte tomográfico (*slice*), no plano sagital mediano. A escolha do *slice* foi guiada pelas reconstruções multiplanares (RMP): axial, coronal e sagital, e a segmentação foi realizada no plano mediano da região de sínfise mandibular. O osso foi preenchido manualmente utilizando a ferramenta *paintbrush mode* no corte tomográfico sagital. Após a total segmentação desse *slice*, sua área foi mensurada no programa ITK-SNAP em milímetros quadrados (mm^2), caracterizando a área total da sínfise (Fig. 3, pág. 11).

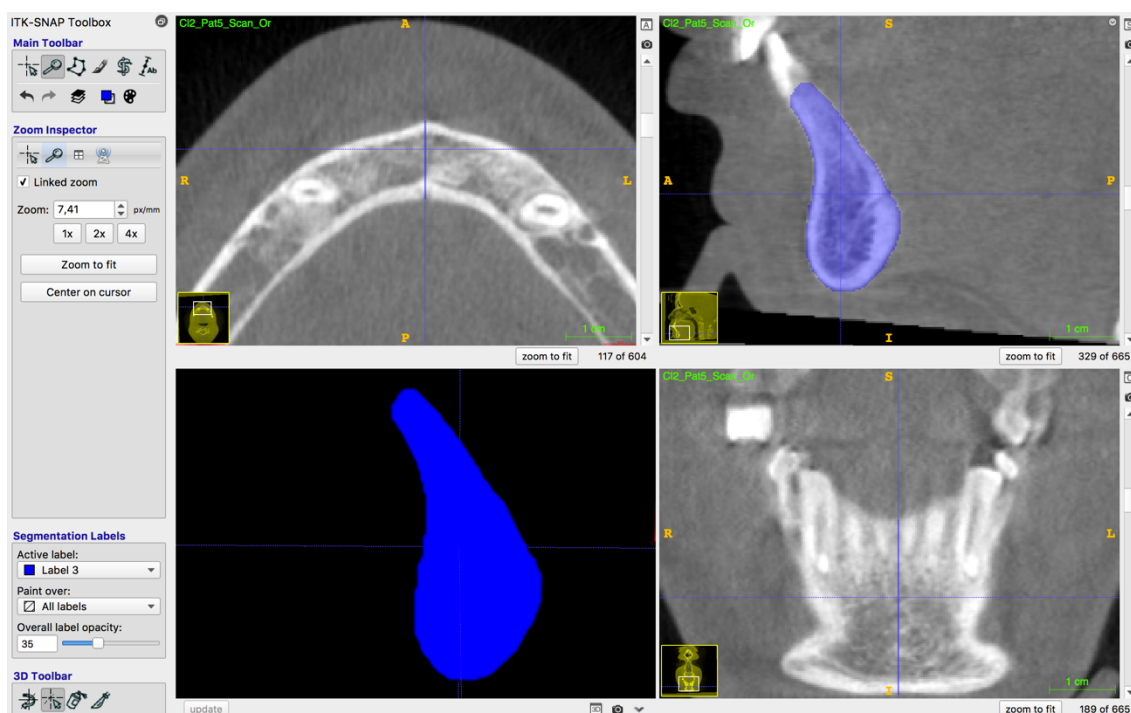


Figura 3 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando as RMP (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) e a segmentação do *slice* da sínfise mandibular.

Também foi mensurado a área parcial da sínfise, esse excluí o componente ósseo referente ao osso alveolar. No corte sagital, foi traçada uma linha, utilizando a ferramenta *Image Annotation Mode – liner and ruler mode*, tangenciando o contorno interno da sínfise e passando pelo ponto mais posterior (pog_L) dessa estrutura. Utilizando a mesma ferramenta do programa, outra linha foi traçada a partir do ponto B e perpendicular (90 graus) à linha descrita acima. Toda estrutura óssea que estivesse acima foi excluída da segmentação. Então, a área foi novamente mensurada em mm², caracterizando a área parcial da sínfise (Fig. 4 e 5, págs. 12 e 13). Para melhor identificação das estruturas ósseas, foi escolhida a cor azul para representar a sínfise mandibular.

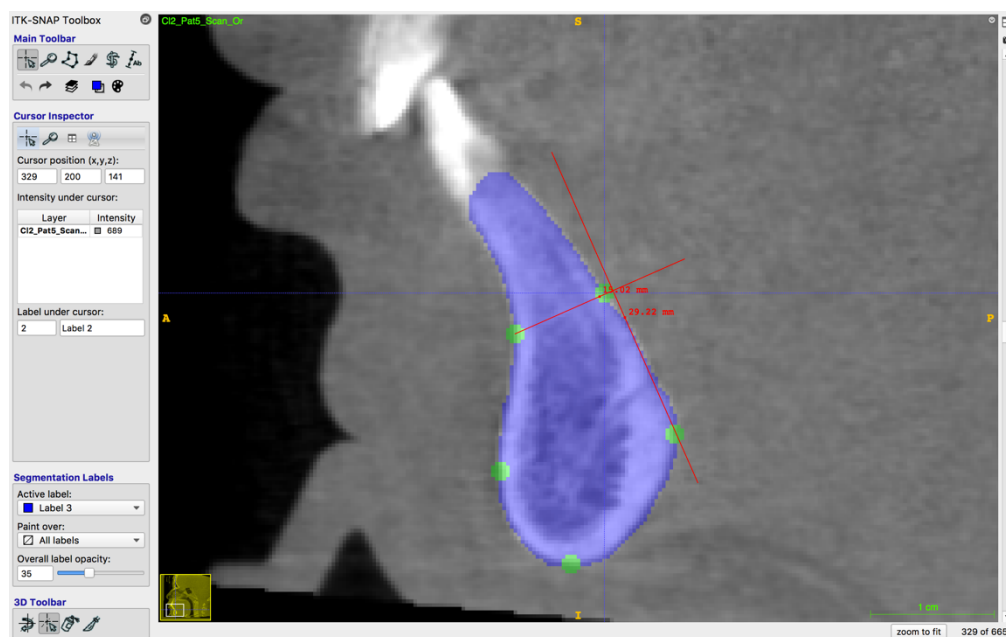


Figura 4 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando corte sagital e a segmentação referente à sínfise total. Os pontos e linhas serão utilizados como referência para obtenção da área da sínfise parcial.

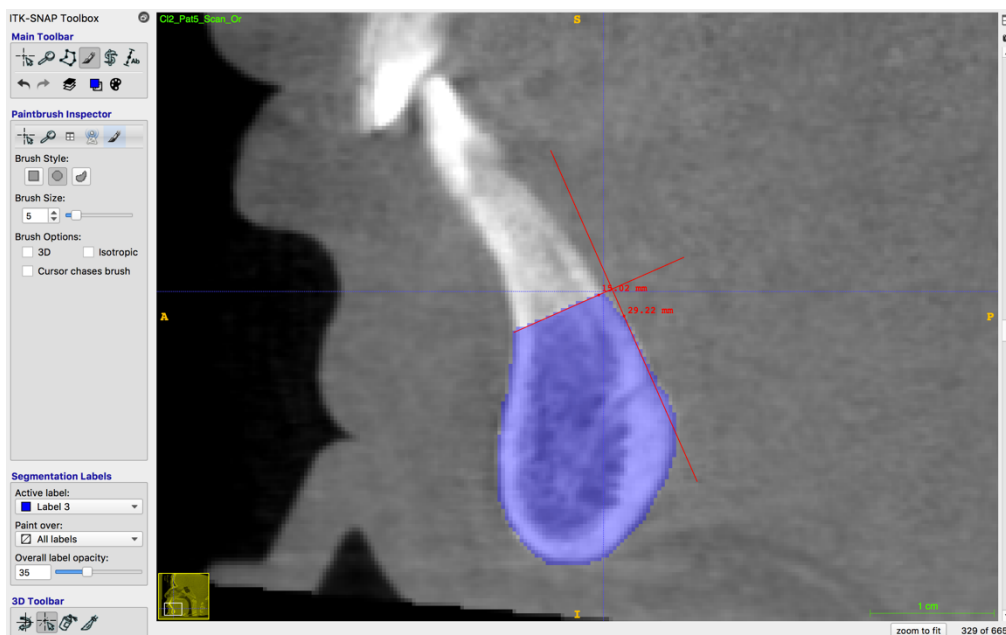


Figura 5 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando corte sagital e a segmentação referente à sínfise parcial.

3.6 MARCAÇÃO DOS PONTOS (LANDMARKS) NAS SEGMENTAÇÕES

Os pontos selecionados e as estruturas morfológicas avaliadas estão descritas na Tabela 1. A marcação dos pontos foi realizada através do programa ITK-SNAP, ferramenta *paintbrush mode*, tamanho 0,5 mm de diâmetro em opção 3D. Todas as reconstruções multiplanares (RMP), axial, coronal e sagital, bem como a reconstrução 3D da imagem e a ferramenta de visualização da segmentação nos reconstruções multiplanares (*overall label opacity*) foram utilizadas para melhor identificação e marcação dos pontos propostos para o estudo (Fig. 6, pág 16). Todas as marcações foram realizadas pelo mesmo avaliador (APTS).

Tabela 1 Pontos cefalométricos utilizados.

Ponto cefalométrico	Símbolo	Definição	Vista Sagital	Vista Coronal	Vista Axial
Násio	N	Ponto mais anterior da sutura fronto-nasal	Ponto mais anterior	Ponto médio	Ponto mais anterior e médio do contorno anterior
Sela	S	Ponto situado no centro geométrico da sela turca do osso esfenóide	Ponto médio da largura antero-posterior	Ponto médio da largura lateral da fossa, determinado ântero-posteriormente pelas outros dois cortes	Ponto médio da largura ântero-posterior e lateral da fossa
Básio	Ba	Ponto mais anterior e médio do forame magno	Ponto mais posterior e inferior	Ponto médio do forame, determinado ântero-posteriormente pelas outros dois cortes	Ponto mais anterior do forame
Subespinhal	A	Ponto mais profundo da concavidade anterior da maxila	Ponto mais posterior	Ponto médio determinado antero-posteriormente pelos outros dois cortes	Ponto mais anterior e médio
Supramentoniano	B	Ponto mais posterior da concavidade anterior da mandíbula	Ponto mais posterior	Ponto médio determinado antero-posteriormente pelos outros dois cortes	Ponto mais anterior e médio
Ponto B lingual	BL	Ponto formado pela intersecção entre a linha perpendicular que passa no meio ponto B com a linha que tangencia o contorno interno da sínfise mandibular	Ponto mais posterior	Ponto mais superior	Ponto mais posterior e médio

Pogônio	Pog	Ponto de maior convexidade no contorno anterior da sínfise mandibular	Ponto mais anterior	Ponto médio	Ponto médio e anterior
Pogônio lingual	PogL	Ponto de maior convexidade da curvatura lingual da sínfise mandibular	Ponto mais anterior	Ponto médio	Ponto médio e posterior
Mentoniano	Me	Ponto mais inferior do contorno inferior da sínfise mandibular	Ponto mais inferior	Ponto mais inferior	Ponto médio e inferior
Gnátio	Gn	Ponto situado no contorno externo da sínfise mandibular na metade da distância entre os pontos Pg e Me	Ponto mais anterior e inferior	Ponto médio e inferior	Ponto mais anterior, inferior e médio
Gônio direito	GoR	Ponto mais posterior e mais inferior do contorno externo do ângulo goníaco direito	Ponto posterior e inferior	Ponto médio e inferior	Ponto médio e inferior
Gônio esquerdo	GoL	Ponto mais posterior e mais inferior do contorno externo do ângulo goníaco esquerdo	Ponto posterior e inferior	Ponto médio e inferior	Ponto médio e inferior
Processo coronóide direito	PCorR	Ponto mais superior do processo coronóide direito	Ponto superior	Ponto médio e superior	Ponto médio determinado supero-inferiormente pelos outros dois cortes
Incisura sigmoide direita	IncR	Ponto mais profundo da chanfradura sigmoide direita	Ponto superior	Ponto médio e superior	Ponto médio determinado supero-inferiormente pelos outros dois cortes

Processo coronóide esquerdo	PCorL	Ponto mais superior do processo coronóide esquerdo	Ponto superior	Ponto médio e superior	Ponto médio determinado supero-inferiormente pelos outros dois cortes
Incisura sigmoide esquerda	IncL	Ponto mais profundo da chanfradura sigmoide esquerda	Ponto superior	Ponto médio e superior	Ponto médio determinado supero-inferiormente pelos outros dois cortes

Com exceção dos pontos mandibulares GoR e GoL, que foram marcados na reconstrução 3D da imagem após a segmentação do ângulo mandibular (Fig. 7, pág. 17), todos os outros pontos foram marcados no plano sagital, utilizando os demais planos (axial, coronal e a reconstrução 3D), como auxiliares para melhor identificação das estruturas (Fig. 6, pág. 17).

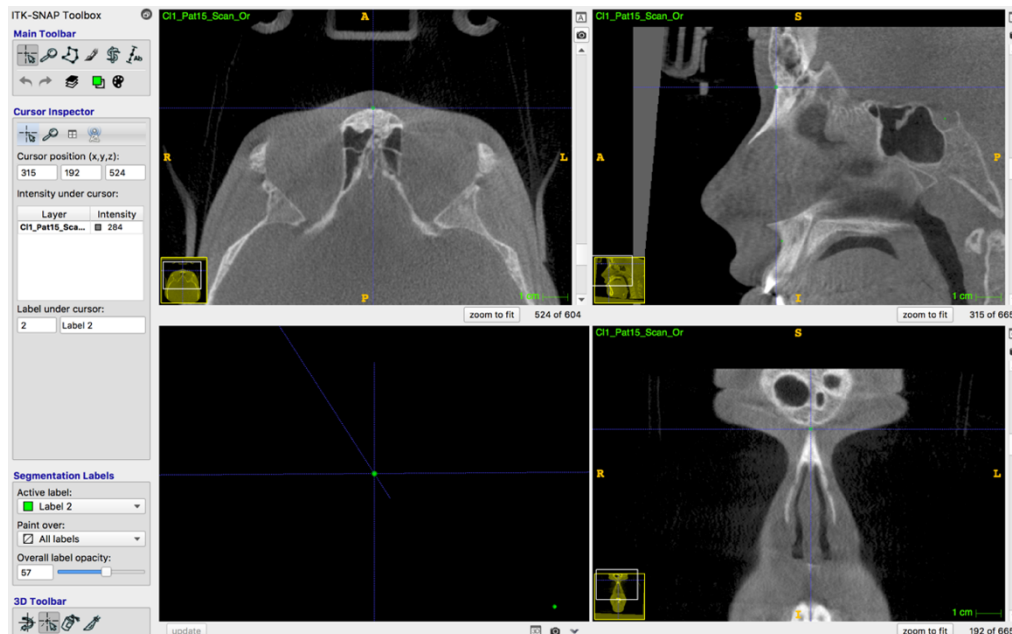


Figura 6 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando a marcação do ponto N com auxílio das reconstruções multiplanares (RMP), axial, coronal e sagital, bem como a reconstrução 3D da imagem e a ferramenta de visualização da segmentação nas reconstruções multiplanares (*overall label opacity*).

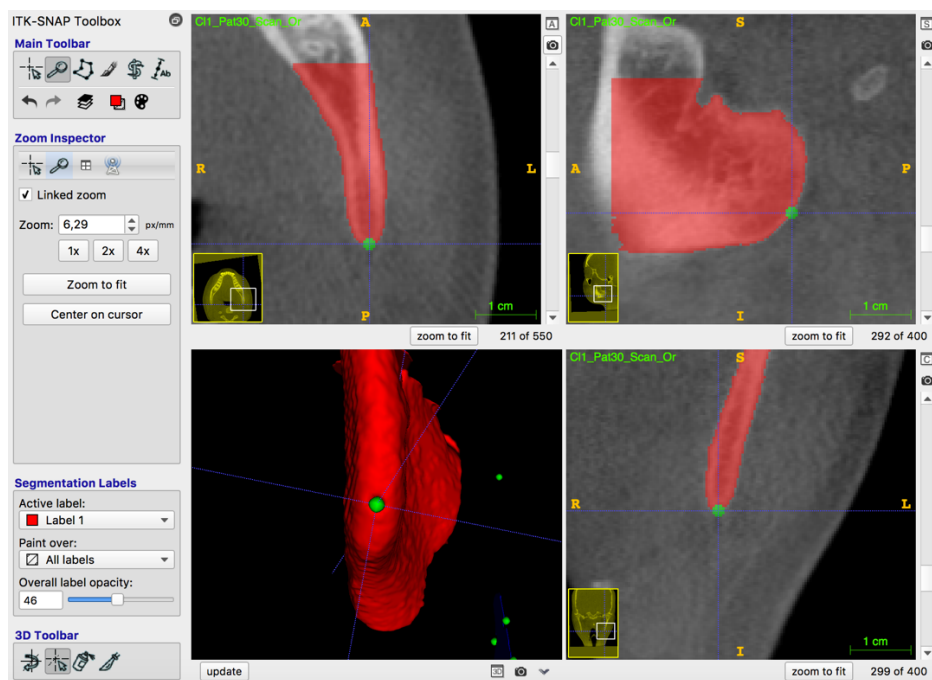


Figura 7 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando a marcação do ponto GoR com auxílio das reconstruções multiplanares (RMP), axial, coronal e sagital, bem como a reconstrução 3D do ângulo mandibular (segmentação em vermelho).

Optou-se pela cor verde para a representação dos pontos e sua diferenciação das outras estruturas ósseas segmentadas: côndilos mandibulares e sínfise mandibular, representadas em amarelo e azul, respectivamente.

3.7 MENSURAÇÃO DOS VOLUMES CONDILARES

O resultado final da segmentação dos côndilos mandibulares, sínfise mandibular e marcação dos pontos cefalométricos, procedimentos realizados no programa ITK-SNAP v3.8 (descritos nas páginas anteriores) foi utilizado para construir modelos de superfície 3D no software Slicer v4.11 através da ferramenta *model maker*. Foram gerados modelos 3D em formato vtk. referentes à sínfise mandibular (Sinf), *landmarks* (land), mandíbula (MD) e côndilos (CD).

Os arquivos em formato .vtk foram exportados para o programa Slicer v4.11. Para a mensuração dos volumes condilares, foram utilizados como referência de corte os pontos: Incisura sigmoide direita (IncR) e processo coronóide direito (PCorR) e Incisura sigmoide esquerda (IncL) e processo coronóide esquerdo (PCorL) para os côndilos do lado direito e esquerdo, respectivamente. Com o auxílio da ferramenta *angle planes* foram utilizados planos nos cortes coronal, axial e sagital com intuito de unir esses pontos (IncR e PCorR; IncL e PCorL) e padronizar o corte dos côndilos em todos os pacientes (Fig. 8 e 9, pág. 19). A ferramenta *easy clip* possibilitou esse corte e assim os modelos referentes aos côndilos foram salvos em formato gilp.gz (Fig. 10, pág.

20). Esses foram exportados para o programa ITK-SNAP e então foi possível calcular os volumes condilares em mm^3 (Fig. 11, pág. 20).

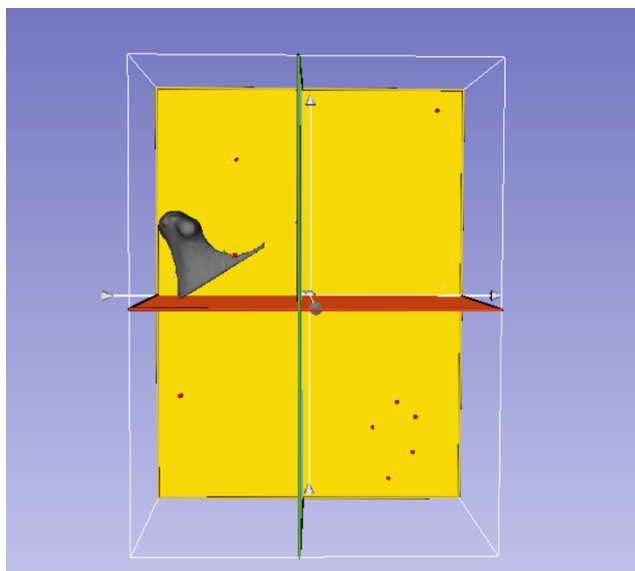


Figura 8 Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta *angle planes*. Foram utilizados planos nos cortes coronal (verde), axial (vermelho) e sagital (amarelo) com intuito de unir os pontos selecionados e padronizar o corte dos côndilos em todos os pacientes.

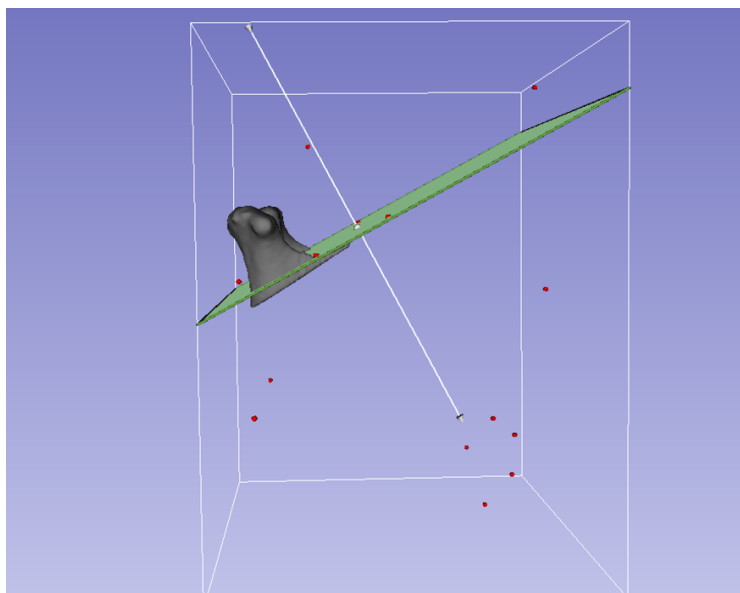


Figura 9 Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta *angle planes*. O corte coronal (verde) foi utilizado para unir os pontos: Incisura sigmoide direita (InCR) e processo coronóide direito (PCorR) e Incisura sigmoide esquerda (InCL) e processo coronóide esquerdo (PCorL) para os côndilos do lado direito e esquerdo, respectivamente, e assim padronização do corte dos côndilos mandibulares.

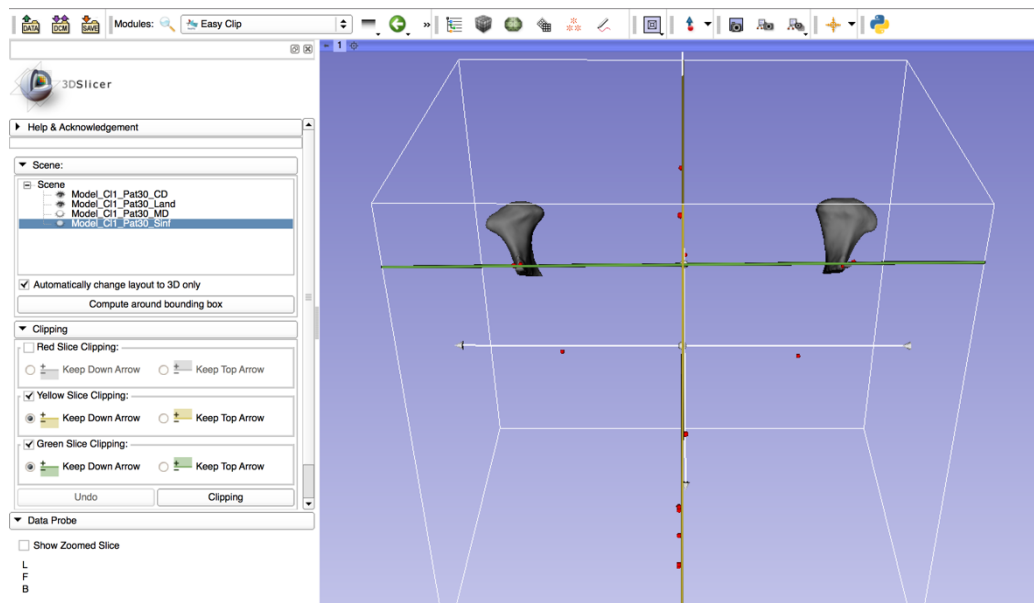


Figura 10 Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta *easy clip*, e o corte dos côndilos mandibulares de forma padronizada.

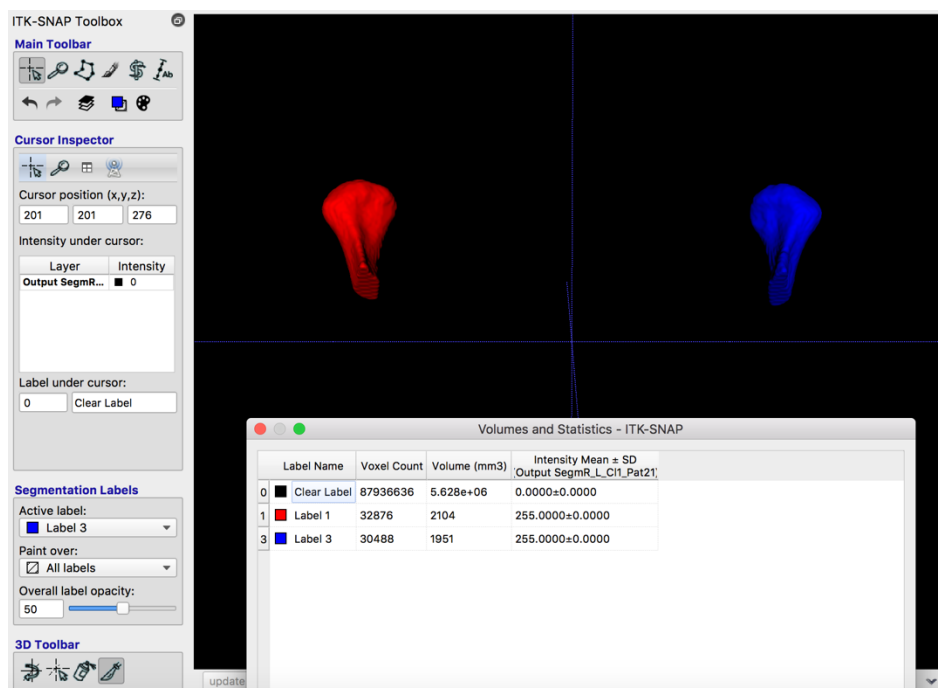


Figura 11 Interface do programa ITK-SNAP evidenciando a mensuração dos volumes condilares em mm^3 .

3.8 REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS E OBTENÇÃO DOS DADOS

A ferramenta Q3DC (Quantificação de Componentes 3D) do software Slicer v4.11 foi utilizada para a realização das medidas lineares e angulares (Tabelas 2 e 3, pág. 21 e 22). Ao selecionar os pontos e escolher a medida desejada o programa decompõe, automaticamente, as distâncias entre as projeções dos pontos de referência 3D no sistema de coordenadas x, y e z, ou seja, é feita a quantificação das diferenças direcionais em cada plano do espaço gerando medidas verticais, transversais e ântero-posteriores, mesmo quando os pontos encontram-se em planos diferentes (Figura 12, pág. 23). Assim, as distâncias e o deslocamento dos pontos foram medidos de forma linear nos eixos X (anteroposterior), Y (direito-esquerdo) e Z (inferossuperior) e também o deslocamento total 3D.

Tabela 2 Medidas lineares.

Variável	Descrição	Referência
B-B _L	Distância entre os pontos B e B'	AP e 3D
Pog-Pog _L	Distância entre os pontos Pog e Pog', corresponde à largura da sínfise mandibular	AP e 3D
S-N	Distância entre os pontos S e N, corresponde à base anterior do crânio	AP e 3D
S-Ba	Distância entre os pontos S e Ba, corresponde a base média do crânio	AP e 3D
GoR-GoL	Distância entre os pontos GoR e GoL, corresponde à distância intergoniaca	RL e AP
IncR-PCorR	Distância entre os pontos IncR e PCorR.	AP e 3D
IncL-PCorL	Distância entre os pontos IncL e PCorL.	AP e 3D

AP= antero-posterior; RL= direita-esquerda; 3D= menor distância entre dois pontos.

Tabela 3 Medidas angulares obtidas tridimensionalmente.

Variável	Pontos de referência	Definição
SNA	Ângulo formado pelas linhas SN e NA	Relação sagital da maxila em relação à base do crânio
SNB	Ângulo formado pelas linhas SN e NB	Relação sagital da mandíbula, em relação à base do crânio;
ANB	Ângulo formado pelas linhas NA e NB	Discrepância sagital entre a maxila e mandíbula;
SN.GoGn	Ângulo formado pelas linhas SN Go-Gn	Define a orientação do padrão de crescimento facial;

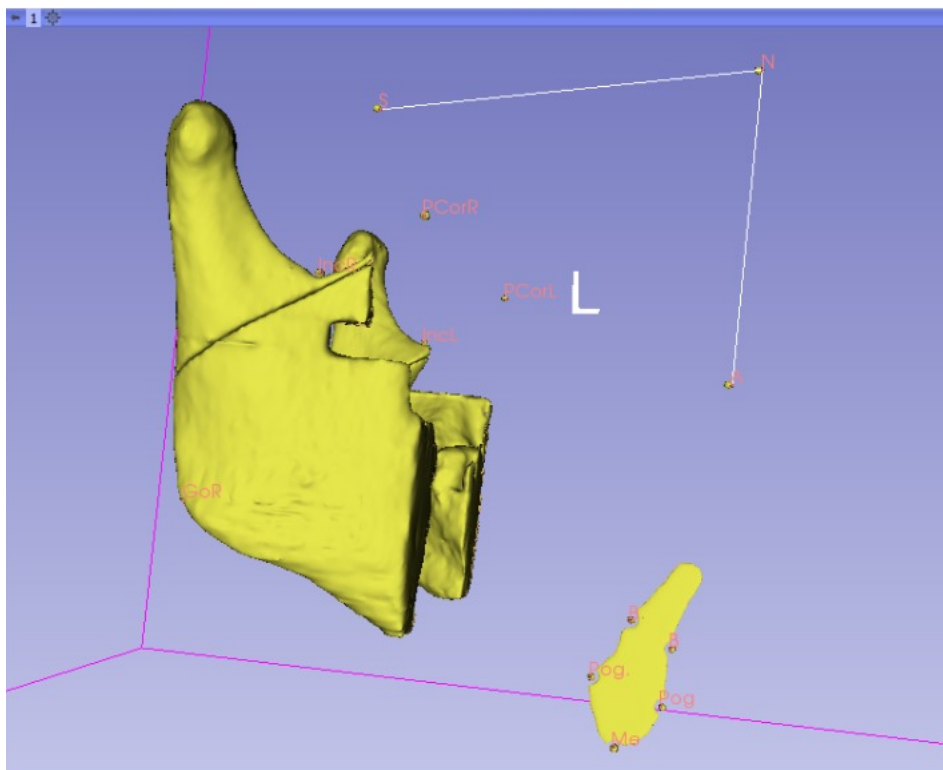


Figura 12 Interface do programa Slicer evidenciando a ferramenta Q3DC, medida angular SNA obtida tridimensionalmente.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada no programa SPSS versão 22.0 (Statistical Package for Social Sciences, Chicago, IL, EUA). Todos os dados foram tabulados em planilhas do Microsoft® Office Excel (Microsoft® Office 365, Microsoft Corporation, EUA).

A calibração do examinador (A.P.T.S) e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 20% da amostra tanto para as análises volumétricas, lineares e angulares. Os exames foram selecionados aleatoriamente para realização dos procedimentos estabelecidos na metodologia (identificação e marcação dos

pontos anatômicos, bem como obtenção das medidas). Após duas semanas de intervalo, todos os procedimentos foram realizados novamente. Os valores encontrados para todas as variáveis analisadas foram comparados por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC).

A comparação do volume condilar entre os lados direito e esquerdo foi realizada pelo teste de Wilcoxon (Classe I) e Test t pareado (Classe II e III), e a comparação inter-grupos foi realizada com o teste ANOVA/Tukey. O teste de correlação de Pearson foi aplicado para verificar as relações correlacionais entre os volumes dos côndilos direito e esquerdo e as demais características morfológicas avaliadas. Em todas as análises o nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

Após a confirmação das correlações e cálculo do coeficiente de Pearson, foi realizada a análise de regressão simples com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Foi utilizado um sistema para classificação do coeficiente de correlação para interpretação da sua magnitude. Os intervalos de $\pm 0,00$ a $0,30$, $0,30$ a $0,50$, $0,50$ a $0,70$, $0,70$ a $0,90$ e $0,90$ a $1,00$ foram interpretados como pouca ou nenhuma correlação, correlação positiva ou negativa baixa, moderada, alta ou muito alta, respectivamente (Hinkle, Wiersma e Jurs, 2003).

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 ARTIGO 1

TENÓRIO-DE-SÁ, A.P.T; RUELLAS, A.C.O.; CASTRO, A.C.R.; LIMA, L.S.; VISCONTI, M.A.; ARAÚJO, M.T.S. **Volumetric analysis of mandibular condyle in class I, class II and class III skeletal patterns.**

Artigo a ser submetido ao periódico AJODO

4.1 ARTIGO 2

TENÓRIO-DE-SÁ, A.P.T; RUELLAS, A.C.O.; CASTRO, A.C.R.; LIMA, L.S.; VISCONTI, M.A.; ARAÚJO, M.T.S. **3D verification of relationships between volume of mandibular condyle and measurements of cranial base and mandibular symphysis.**

Artigo a ser submetido ao periódico AJODO

4.1 ARTIGO 1

VOLUMETRIC ANALYSIS OF MANDIBULAR CONDYLE IN CLASS I, CLASS II AND CLASS III SKELETAL PATTERNS

Ana Paula Tenório de Sá^a, Antônio Carlos de Oliveira Ruellas^b, Amanda Carneiro da Cunha^b, Lilian Siqueira Lima^a, Maria Augusta Portela Visconti^c, Mônica Tirre de Souza Araújo^b

^a Doctor Student, Department of Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

^b Professor, Department of Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

^c Professor, Department of Radiology, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Corresponding Author: Mônica Tirre de Souza Araújo. Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil. Email: monicatirre@uol.com.br

ABSTRACT

Objective: The mandibular condyle is an important growth site that significantly impacts the maxillomandibular antero-posterior relationship. The aim of the study was to compare the condylar volume in individuals with different skeletal malocclusions. **Methods:** Three-dimensional (3D) models of the condyles were constructed and the volumes measured in the ITK-SNAP and 3D Slicer software, using 58 Cone-Beam Computed Tomography (TCFC). Fourteen reference points were identified in the mandible and skull base by a calibrated operator, and 3D cephalometric analyzes were performed. The sample was divided into the following groups: Class I ($0 \leq ANB \leq 4.5^\circ$) ($n = 18$), Class II ($ANB > 4.5^\circ$) ($n = 21$) and Class III ($ANB < 0^\circ$) ($n = 19$). The comparison of the condylar volume between the right and left sides was performed by the Wilcoxon test (Class I) and the paired t-test (Class II and III), and the inter-group comparison was performed with the ANOVA / Tukey test ($\alpha = 0,05$). **Results:** There was no statistically significant difference between condylar volumes on the right and left sides in different skeletal malocclusions (Class I: $p = 0.728$; Class II: $p = 0.741$ and Class III: $p = 0.155$). Class III individuals had a higher condylar volume (Class III: 1990.85 ± 559.42) compared to Class I and II individuals (Class I: 1835.22 ± 452.15 ; Class II: $1725.47 \pm 394,64$), although the difference was not statistically significant ($p = 0.214$). **Conclusions:** Condylar volumes do not vary significantly in different malocclusions and between the right and left sides.

Keywords: Condylar volume, Mandible, 3D, Cone beam.

INTRODUCTION

Mandibular condyle is a principal component of temporomandibular joint (TMJ) complex thereby a crucial factor in establishing normal TMJ function¹. In orthodontics, mandibular condyle is an important growth site that significantly impacts the anteroposterior length and position of the mandible thereby determining the eventual maxillomandibular anteroposterior relationship.^{2; 3; 4} In adulthood, the condyle is subjected to a number of remodeling processes that may affect its volume and shape, flattening, sclerosis, resorption, erosion, osteophyte, etc.^{5; 6; 7; 8} It is stated in the literature that the change in adult

masticatory function has an important effect on mandibular growth and development.⁹ Abnormal mandibular condylar growth and development may become a significant risk factor for temporomandibular disorder and dysfunction (TMD) and sagittal, transversal and/or vertical malocclusion development.

Quantification of facial characteristics is of extreme importance in diagnosis and different measurement techniques have evolved from direct measurements of skulls to indirect measurements based on imaging exams. The advent of radiographs markedly increased the number of studies that attempted to understand the development of growth and treatment results.¹⁰ Nowadays, three-dimensional imaging modalities have enabled clinicians and researchers to analyze various craniofacial structures to the extent that was not possible with two-dimensional radiographic images.¹¹ Of the available three-dimensional imaging modalities, cone-beam computed tomography (CBCT) has become increasingly popular in orthodontics with its ability to visualize and perform accurate linear measurements on three-dimensional skeletal models¹² while exposing the patients to a relatively low radiation when compared to conventional CT scan. The ability to assess the dentofacial structures in three-dimensions using CBCT images has become one of the important adjunctive diagnostic tools in helping clinicians establishing accurate orthodontic diagnosis and treatment plans.¹¹ It therefore provides the opportunity for multiplane imaging allowing for a detailed assessment of maxillofacial structures in variable thickness of axial, coronal and sagittal slices, and three-dimensional (3D) information, which can be useful in the study of condylar morphology.^{13; 14}

The comprehensive assessment of a particular dentofacial structure from a CBCT image requires an accurate and reliable segmentation procedure to isolate the structure with a known resolution. Different segmentation protocols have been proposed to obtain adequate 3D reconstructions of the condylar surface.^{15; 16; 17; 18} TMJ condylar segmentation with the use of CBCT images is more difficult than segmentation of other osseous structures. There are several reasons why accurate and reliable condylar segmentation from three-dimensional images has been difficult to obtain efficiently when compared to other mandibular structures. A relatively low bone density of condyles, complex overlapping with other skeletal structures including glenoid fossa, and intimate proximity with the articular disc has been suggested as reasons for the difficult.¹⁹

When assessing a condyle volume, a reliable method to determine the condylar region of interest is crucial, specifically, the inferior border of the volume of interest. Any significant errors in repeatedly establishing this inferior border may significantly influence the resulting condylar volume. A systematic review published recently by Kim et al²⁰ analyzed the reliability and accuracy of methods used for three-dimensional condyle segmentation. A definitive conclusion with regards to which current technique is most reliable and accurate to efficiently segment the mandibular condyle cannot be made with currently available evidence and further studies with more homogenous data sets are needed to perform a meta-analysis to analyze the available condylar segmentation techniques from three-dimensional images.

The purpose of this study was to compare the condylar volume in individuals with different skeletal malocclusions and condylar volumes on the right and left sides using CBCT images of skeletal classes I, II and III patients.

MATERIALS AND METHODS

This research was approved by the Research Ethics Committee of the Clementino Fraga Filho University Hospital of the Federal University of Rio de Janeiro (protocol number 4.451.444). It was a descriptive, retrospective observational study. The 3D CBCT scans of 58 patients were examined.

The inclusion criteria were: (1) patients of both sexes; (2) individuals with stage of maturation of the cervical vertebral at least in stage 4 - CS4 (BACCETTI, FRANCHI and MCNAMARA, 2005), 3) without distinction of race and 4) good general health. The exclusion criteria were as follows: 1) presence of syndromes or pathologies in the head and neck region; 2) subjects with abnormal condylar morphology, due to the development of TMJ osteoarthritis, such as flattening, erosion, sclerosis, osteophytes, resorption and 3) CBCT examinations of compromised technical quality.

In order to verify whether condylar volume might be more characteristic of some types of malocclusions, the sample was divided on the base of their skeletal malocclusion, and it was defined on the base of ANB angle. 3D cephalometric analysis was performed and the final sample was divided into 3 groups (1) Class

I ($0 \leq ANB \leq 4,5^\circ$); (2) Class II ($ANB > 4,5^\circ$); and Class III ($ANB < 0^\circ$). Each group was composed of 18, 21 and 19 subjects, respectively.

The protocol for image acquisition was carried out with the patients in upright position, keeping the Frankfort horizontal plane (trago-infraorbital) parallel to the ground. The tomographic exams were obtained in the Kodak K9500® scanner (Carestream Health, Rochester, USA) with Voxel (Volumetric Picture Element) of 0.3 mm, FOV of 18 cm x 20.6 cm and rotation time of 10.8 seconds., with a 0.3-mm isotropic voxel size.

In order to manipulate and analyze the CBCT scans, the DICOM files were converted into gipl.gz format using the open code software ITK-SNAP (<http://www.itksnap.org>). Then, segmentation of the cranial base, maxilla and mandible were constructed by outlining the cortical threshold using a semiautomatic procedure. This software is an open source medical image processing application, which provides a combination of modalities for extracting structures in 3D image data.

To avoid variations produced by different orientations between image acquisitions, the head was reoriented using three planes: (1) median sagittal plane, (2) Frankfurt plane; and (3) transporionic axis. The sagittal plane was constructed by delimiting three structures on the cranial base: (1) upper apex of Galli Crest (GC); (2) S Point (S); and (3) Basium (Ba). The Frankfort plane was marked by bilateral delimitation of two structures: (1) anatomical Porium; (2) orbital point (Or). Finally, the coronal plane was delimited by joining the two anatomical Porium (Po). The three planes should be at ratio of 90° to each other.²¹

We identified and labeled 14 hard tissue landmarks using ITK-Snap (tab 1), landmarks were positioned in specific places in the cranium as described. Landmark identification was conducted by one trained and calibrated operator. The corresponding 3D points were visualized using 3D Slicer software and linear measurements were performed by joining the different landmarks using the Q3DC (quantification of 3D components) tool, as described in Table 2. This tool allows users to compute the 3D distance between points and the distances along each of the axes in the 3D space: right–left (RL), anteroposterior (AP), and superoinferior components of the 3D distances.

Tridimensional cephalometric analysis was conducted to determine facial skeletal pattern and characterize the sample, angular measurements were performed by joining the different landmarks using the Q3DC (quantification of 3D components) tool. The software automatically calculated SNA and SNB angles to express the anteroposterior position of the maxilla and mandible, respectively, relative to the cranial base. Steiner cephalometric 3D analysis was performed and the final sample was divided into 3 groups (1) Class I ($0 \leq \text{ANB} \leq 4,5^\circ$); (2) Class II ($\text{ANB} > 4,5^\circ$); And Class III ($\text{ANB} < 0^\circ$).

The process of construction of surface models is called segmentation and was performed using the ITK-SNAP software v.2.4 (open-source software, www.itksnap.org).^{15; 16; 22} In this study was performed the segmentation of 116 mandibular condyles.

The condylar volume was assessed in three steps because this study used the combined segmentation tools of two software applications, 3D Slicer and ITK-SNAP. Initially the segmentation was performed using the ITK-SNAP software, the mandibular condyles were identified and delineated with the means of semiautomatic segmentation. Afterwards, manual segmentation was performed to ensure correct segmentation, checking slice by slice in all three planes of space (sagittal, coronal and axial). The output of the ITK-SNAP segmentation was a 3D surface mesh reconstruction model. In this study, the surface mesh was saved as a .vtk and opened at 3D Slicer.

The mandibular condyles need to be measured in a standardized method. The files in .vtk format were exported to the 3D Slicer v4.11 (www.slicer.org). Firstly, landmarks were positioned in specific places in the mandible as described in Table 2. For the measurement of condylar volumes, the following points were used as cutoff references: right sigmoid notch (RSn) and right coronoid process (RCorP) and left sigmoid notch (LSn) and left coronoid process (LCorP) for the right and left condyles, respectively. Using the Angle Planes module in 3D Slicer, one pre-existing plane (Axial, Coronal or Sagittal) were manually positioned in order to unite these points and standardize the cut of the condyles in all patients (Figs 1 and 2). The easy clip module in 3D Slicer made this possible and the condyles were cropped and saved in gilp.gz format. Finally, the volumes of cropped condyles were exported to the ITK-SNAP software and it was possible to automatically calculate the condylar volumes in mm^3 (Fig. 3).

STATISTICAL ANALYSES

The volume measurements were processed and analyzed using SPSS 22.0 (SPSS Inc, Rainbow Technologies, Chicago, Ill). All measurements were performed by a single operator (APTS). 12 images were randomly selected and the measurements were performed twice with a 2-week interval between the measurements. The intraclass correlation coefficient (ICC) was performed to assess reliability. The ICC (> 0.996) for volumetric measurements indicated excellent intra-observer reliability.

For the variables, the mean, standard deviation, range, minimum, maximum and the results for normality distribution (Kolmogorov-Smirnov test) were calculated, based on side (Tab 3). The comparison between the right and left sides was performed with the paired Wilcoxon test for whole sample and class I group and with paired sample t-test for class II and class III groups. When we compared the three groups with different skeletal classes, we tested for differences in volumetric measurements among the three groups with the ANOVA/Tukey test ($\alpha=0,05$).

RESULTS

Statistical outputs for the whole sample are reported in Table 3. No significant difference was found between the right and the left sides for condylar volume in different skeletal malocclusions (Class I: $p = 0.728$; Class II: $p = 0.741$ and Class III: $p = 0.155$). Condylar volume resulted slightly higher in the left side but this small difference was not statistically significant or clinically relevant.

No significant difference was found among subjects within the three groups with different skeletal malocclusions. However, it was observed that Class III subjects tended to show higher volume of condylar head (Classe III: $1990,85 \pm 559,42 \text{ mm}^3$) compared to Class I and II individuals (Class I: $1835.22 \pm 452.15 \text{ mm}^3$; Class II: $1725.47 \pm 394, 64 \text{ mm}^3$), although this was not statistically significant ($p=0,214$) (Table 3).

DISCUSSION

The mandibular condyle plays an important role in the biomechanics and function of TMJ, and its morphology may be a factor in the etiology of TMJ pathology. The volumetric ratios of the mandible and the maxilla can be considered to examine the balance of the amount in both jaws. Therefore, changes in the shape and size of condyles play an important role in the diagnosis of TMJ disorders²³. The aim of this study is to evaluate the volume of mandibular condyles in relation to skeletal malocclusion.

Segmentation is the process that extracts three-dimensional reconstructions of the structure to calculate the surface area and volume of the region of interest. This study used the combined segmentation tools of two software applications, ITK-SNAP and 3D Slicer. In an attempt to improve the accuracy of volume measurements, the ITK-SNAP software segmentation tool was used. This allowed the condyles to be segmented by means of a 'region competition' method, which demarcates the volume within the condyle, with less influence from threshold and surrounding tissues. Moreover, it allowed the operator to manually segment any area of the condyle that had not been selected during the semi-automated segmentation, by scrolling through the CBCT slices. ITK-SNAP software was used in the present study because this user-friendly and intuitive software is an open-source medical image processing application²². 3D Slicer provides powerful tools for orientation, multimodal imaging, volume rendering, registration and visualization and allows a selective cropping of CBCT volumes.

Several studies in the literature have measured condylar volume (related to facial deformities) using CBCT image, however, there is no consensus as to the point at which the structure can be isolated to measure the volume. Studies have used different software tools, while others have cut the condyle at the base of its neck, with a number of authors claiming that the data for the isolated condylar head may be better associated with the growing mandibular process.^{3;}

4

Schlueter et al. (2008) developed a reliable and reproducible method for cutting the condylar area, volumetric measurements were completed on 50 dry

human mandibular condyles, at 23 different window levels, to define the volumetric distribution of bone mineral density within the condyle. Each of the 50 condyles was isolated prior to making 3D and volumetric measurements. Frankfort horizontal (FH) plane was constructed by creating a plane from the inferior orbital rim to the superior border of the external auditory meatus. An initial cut was made parallel to the FH plane just above the superior aspect of the condyle. The final cut to isolation of the condyle was made parallel to the Frankfort horizontal (FH) plane at the level of the inferior point in the sigmoid notch²⁴.

Saccucci et al. (2012)²⁵ analyzed the condylar volume in 94 subjects with different mandibular divergence and skeletal malocclusion using cone-beam computed tomography (CBCT) and analysis software. They used the same methodology to define the FH plane²⁴ and described the upper limit of the condyle where the first radiopaque area was viewed in the area of synovia; then, for each of the lower sections, the condyle was isolated through the visualization of cortical bone. The lower limit of condyle was traced when the section left the ellipsoidal shape (due to the presence of the anterior crest) and became circular suggesting the level of the condylar neck. Once the computer isolations were made, three-dimensional Multiplan reconstructions were produced for each condyle and volumetric measurements were made for each condyle with the MimicsTM automatic function.

The present study demonstrates a new methodology to standardize condylar cropping. The condylar volume was assessed in three steps. Initially the segmentation was performed using the ITK-SNAP software, the mandibular condyles were identified and delineated with the means of semiautomatic segmentation. The mandibular condyles need to be measured in a standardized method, the next step characterizes the difference with other studies already published. For the measurement of condylar volumes, four points were used as cutoff reference: right sigmoid notch (RSn) and right coronoid process (RCorP) and left sigmoid notch (LSn) and left coronoid process (LCorP) for the right and left condyles, respectively. Using the Angle Planes module in 3D Slicer, one pre-existing plane were manually positioned in order to unite these points and standardize the cut of the condyles in all patients. The easy clip module in 3D Slicer made this possible and the condyles were cropped and saved. Finally, the

volumes of cropped condyles were exported to the ITK-SNAP software and it was possible to automatically calculate the condylar volumes in mm^3 . The results from the present study demonstrated excellent intrarater reliability (> 0.996) when the same condylar volume was calculated 2 times by the same rater, each 2 weeks apart, using the condylar volume determination technique described above.

Recently, Lo Giudice et al²⁶ assessed the accuracy of four software (three free sources and one licensed, respectively: Invesalius; ITK-Snap; Slicer 3D and Dolphin Imaging) for semi-automatic segmentation of the mandibular condyle in comparison with a manual segmentation approach performed in Mimics software. They concluded that manual segmentation is trustworthy only in expert hands, but it is also extremely time-consuming and there is still not sufficient evidence validating the accurate definition of a condylar region with semi-automatic method, although the procedure is extremely reliable and more efficient compared to the manual approach.

Tecco et al. (2010)⁴ measured the condylar volume, surface and Morphometric Index (MI) of 300 temporo-mandibular joints (TMJ) in 150 Caucasian young adult subjects, with varied malocclusions, without pain or dysfunction of TMJs. They found that the condylar volume ($693.61 \pm 62.82 \text{ mm}^3$) in the right TMJ was significantly higher than in the left ($666.99 \pm 48.67 \text{ mm}^3$). Our results are not in agreement with this as we observed no significant difference in the whole sample between the right and the left condylar volume.

Saccucci et al. (2012)³ compared the volume and the shape of mandibular condyles in a Caucasian young adult population, with different skeletal pattern. Caucasian patients ($n = 200$) were classified in three groups on the base of ANB angle: skeletal class I (65 patients), skeletal class II (70 patients) and skeletal class III (65 patients). Condylar volumes were calculated by using the Mimics software. The condylar volume, the area and the morphological index (MI) were compared among the three groups, by using non-parametric tests. No significant difference was observed in the whole sample between the right and the left condylar volume; subjects in skeletal class III showed a significantly higher condylar volume, respect to class I and class II subjects ($p < 0.05$); significantly lower condylar volume was observed in class II subjects, respect to class I and class III ($p < 0.05$). They concluded that skeletal class appeared to be associated to the mandibular condylar volume and to the mandibular condylar area in the

Caucasian orthodontic population. In parts, our results are in agreement with this as we observed a higher condylar volume in class III subjects and no significant difference in the whole sample between the right and the left condylar volume.

Goulart et al. (2017)²³ compared the condylar volume of patients with unilateral condylar hyperplasia (UCH) and patients with a Class III skeletal relationship. A total of 20 cone beam computed tomography (CBCT) images of patients were analyzed. The images were divided into two groups: 10 from patients with transverse asymmetry of the face and 10 from patients with a Class III facial deformity. The volumetric data were reconstructed using Dolphin 3D® software. This software measured the condylar volume above the deepest point of the sigmoid notch, the lower arch midline deviation and overjet. The condyle with hyperplasia exhibited the greatest volume ($1.97 \pm 0.52 \text{ cm}^3$) and a statistically significant difference, when compared with the contralateral condyle. The Class III patients exhibited relative symmetry of volume between the left and right sides. Symmetry between right and left condyles has been confirmed in other studies that used linear CBCT measurements.^{27; 28} However, a certain degree of asymmetry is normal in all structures of the human body. These results are in agreement with our results because although there is a difference in condylar volume between the skeletal malocclusions and between the right and left condyle sides, these results were not statistically significant.

CONCLUSION

This study in subjects with different skeletal malocclusions without abnormalities in mandibular condyles shows no significant difference in condylar volume and between the right and left sides of the mandible.

REFERENCES

- 1 SINGH, M.; DETAMORE, M. S. Biomechanical properties of the mandibular condylar cartilage and their relevance to the TMJ disc. **J Biomech**, v. 42, n. 4, p. 405-17, Mar 2009. ISSN 1873-2380. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19200995> >.
- 2 RABIE, A. B.; HÄGG, U. Factors regulating mandibular condylar growth. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 122, n. 4, p. 401-9, Oct 2002. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12411886> >.

- 3 SACCUCCI, M. et al. Condylar volume and condylar area in class I, class II and class III young adult subjects. **Head Face Med**, v. 8, p. 34, Dec 2012. ISSN 1746-160X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23241136> >.
- 4 TECCO, S. et al. Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects. **BMC Med Imaging**, v. 10, p. 28, Dec 2010. ISSN 1471-2342. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21194477> >.
- 5 MARTINEZ BLANCO, M. et al. Osteoarthritis of the temporomandibular joint. A clinical and radiological study of 16 patients. **Med Oral**, v. 9, n. 2, p. 110-15, 106-10, 2004 Mar-Apr 2004. ISSN 1137-2834. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14990876> >.
- 6 YAMADA, K. et al. Morphology of the articular eminence in temporomandibular joints and condylar bone change. **J Oral Rehabil**, v. 31, n. 5, p. 438-44, May 2004. ISSN 0305-182X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15140169> >.
- 7 GYNTHNER, G. W.; TRONJE, G.; HOLMLUND, A. B. Radiographic changes in the temporomandibular joint in patients with generalized osteoarthritis and rheumatoid arthritis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 81, n. 5, p. 613-8, May 1996. ISSN 1079-2104. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8734713> >.
- 8 GYNTHNER, G. W.; TRONJE, G. Comparison of arthroscopy and radiography in patients with temporomandibular joint symptoms and generalized arthritis. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 27, n. 2, p. 107-12, Mar 1998. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9656876> >.
- 9 ENOMOTO, A. et al. Effects of mastication on mandibular growth evaluated by microcomputed tomography. **Eur J Orthod**, v. 32, n. 1, p. 66-70, Feb 2010. ISSN 1460-2210. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19648440> >.
- 10 VARJANNE, I.; KOSKI, K. Cranial base, sagittal jaw relationship and occlusion. A radiological-craniometric appraisal. **Proc Finn Dent Soc**, v. 78, n. 4, p. 179-83, 1982. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7156124> >.
- 11 SHUKLA, S.; CHUG, A.; AFRASHTEHFAR, K. I. Role of Cone Beam Computed Tomography in Diagnosis and Treatment Planning in Dentistry: An Update. **J Int Soc Prev Community Dent**, v. 7, n. Suppl 3, p. S125-S136, Nov 2017. ISSN 2231-0762. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29285467> >.
- 12 DAMSTRA, J. et al. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 137, n. 1, p. 16.e1-6; discussion 16-7,

- Jan 2010. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20122425> >.
- 13 CARUSO, S. et al. Temporomandibular Joint Anatomy Assessed by CBCT Images. **Biomed Res Int**, v. 2017, p. 2916953, 2017. ISSN 2314-6141. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28261607> >.
- 14 LIANG, X. et al. Comparison of micro-CT and cone beam CT on the feasibility of assessing trabecular structures in mandibular condyle. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 46, n. 5, p. 20160435, Jul 2017. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28350523> >.
- 15 CEVIDANES, L. H. et al. Quantification of condylar resorption in temporomandibular joint osteoarthritis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 110, n. 1, p. 110-7, Jul 2010. ISSN 1528-395X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20382043> >.
- 16 PANIAGUA, B. et al. Clinical application of SPHARM-PDM to quantify temporomandibular joint osteoarthritis. **Comput Med Imaging Graph**, v. 35, n. 5, p. 345-52, Jul 2011. ISSN 1879-0771. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21185694> >.
- 17 XI, T. et al. Validation of a novel semi-automated method for three-dimensional surface rendering of condyles using cone beam computed tomography data. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 42, n. 8, p. 1023-9, Aug 2013. ISSN 1399-0020. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23528746> >.
- 18 _____. A novel region-growing based semi-automatic segmentation protocol for three-dimensional condylar reconstruction using cone beam computed tomography (CBCT). **PLoS One**, v. 9, n. 11, p. e111126, 2014. ISSN 1932-6203. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25401954> >.
- 19 ENGELBRECHT, W. P. et al. The influence of the segmentation process on 3D measurements from cone beam computed tomography-derived surface models. **Clin Oral Investig**, v. 17, n. 8, p. 1919-27, Nov 2013. ISSN 1436-3771. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23371754> >.
- 20 KIM, J. J. et al. Reliability and accuracy of a method for measuring temporomandibular joint condylar volume. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol**, Aug 2020. ISSN 2212-4411. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32950426> >.
- 21 RUELLAS, A. C. et al. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 149, n. 5, p. 645-56, May 2016. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27131246> >.

- 22 YUSHKEVICH, P. A. et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. **Neuroimage**, v. 31, n. 3, p. 1116-28, Jul 2006. ISSN 1053-8119. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16545965> >.
- 23 GOULART, D. R. et al. Comparative Evaluation of Condylar Volume Between Patients With Unilateral Condylar Hyperplasia and Class III Dentofacial Deformity. **J Oral Maxillofac Surg**, v. 75, n. 1, p. 180-188, Jan 2017. ISSN 1531-5053. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27720720> >.
- 24 SCHLUETER, B. et al. Cone beam computed tomography 3D reconstruction of the mandibular condyle. **Angle Orthod**, v. 78, n. 5, p. 880-8, Sep 2008. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18298200> >.
- 25 SACCUCCI, M. et al. Do skeletal cephalometric characteristics correlate with condylar volume, surface and shape? A 3D analysis. **Head Face Med**, v. 8, p. 15, May 2012. ISSN 1746-160X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22587445> >.
- 26 LO GIUDICE, A. et al. Evaluation of Imaging Software Accuracy for 3-Dimensional Analysis of the Mandibular Condyle. A Comparative Study Using a Surface-to-Surface Matching Technique. **Int J Environ Res Public Health**, v. 17, n. 13, 07 2020. ISSN 1660-4601. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32635238> >.
- 27 GOULART, D. R. et al. No differences in morphological characteristics between hyperplastic condyle and class III condyle. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 44, n. 10, p. 1281-6, Oct 2015. ISSN 1399-0020. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26112995> >.
- 28 MUÑOZ, G. et al. TMJ in facial class III deformity. Condylar morphology relations. **Int J Clin Exp Med**, v. 7, n. 9, p. 3113-7, 2014. ISSN 1940-5901. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25356190> >.
- 29 NGAN, P. W.; BYCZEK, E.; SCHEICK, J. Longitudinal evaluation of growth changes in Class II division 1 subjects. **Semin Orthod**, v. 3, n. 4, p. 222-31, Dec 1997. ISSN 1073-8746. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9573884> >.
- 30 FRAGA, M. R. et al. Anteroposterior condylar position: a comparative study between subjects with normal occlusion and patients with Class I, Class II Division 1, and Class III malocclusions. **Med Sci Monit**, v. 19, p. 903-7, Oct 2013. ISSN 1643-3750. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24165809> >.

Tab 1. Definitions of landmarks used in this study.

Landmark	Definition	Sagittal View	Coronal view	Axial view
Nasion (N)	Most anterior limit of the frontonasal suture in the facial midline	Most anterior point	Midpoint	Most anterior and midpoint of the anterior contour
Sella (S)	Centre of the sella turcica	Midpoint of the anteroposterior width	Midpoint of the lateral width of the fossa, determined anteroposteriorly by the other two slices	Midpoint of the anteroposterior and lateral width of the fossa
A-Point (A)	Deepest bony point on the contour of the premaxilla	Most posterior point	Midpoint determined anteroposteriorly by the other two slices cortices	Most anterior and midpoint
B-Point (B)	Deepest bony point on the contour of the mandible	Most posterior point	Midpoint determined anteroposteriorly by the other two slices	Most anterior and midpoint

Tab 2. Definitions of landmarks used in this study for condyle cutting.

Landmark	Definition	Sagittal View	Coronal view	Axial view
Right coronoid process (RCorP)	The tip of the right coronoid process	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices
Right sigmoid notch (RSn)	The lowest point of the right sigmoidal notch's concavity	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices
Left Coronoid process (LCorP)	The tip of the left coronoid process	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices
Left Sigmoid notch (LSn)	Lowest point of the left sigmoidal notch's concavity	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices

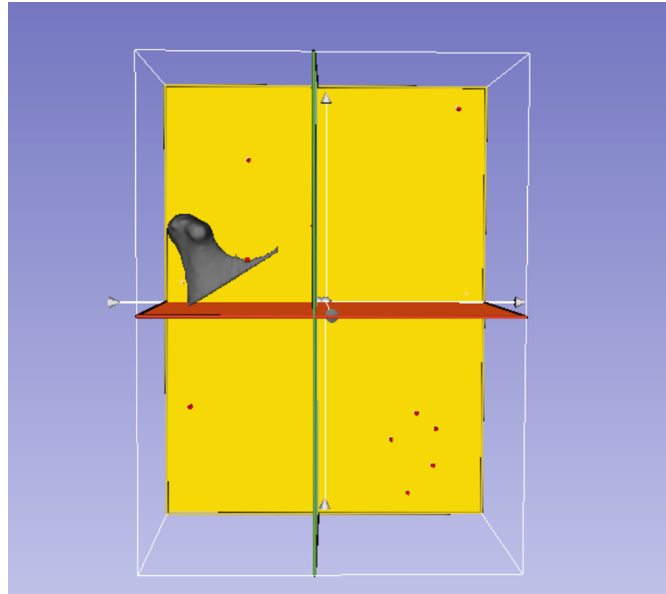


Fig 1. Slicer software interface demonstrate the angle planes tool. Plans were used in the coronal (green), axial (red) and sagittal (yellow) sections in order to join the selected points and standardize the cut of the condyles in all patients.

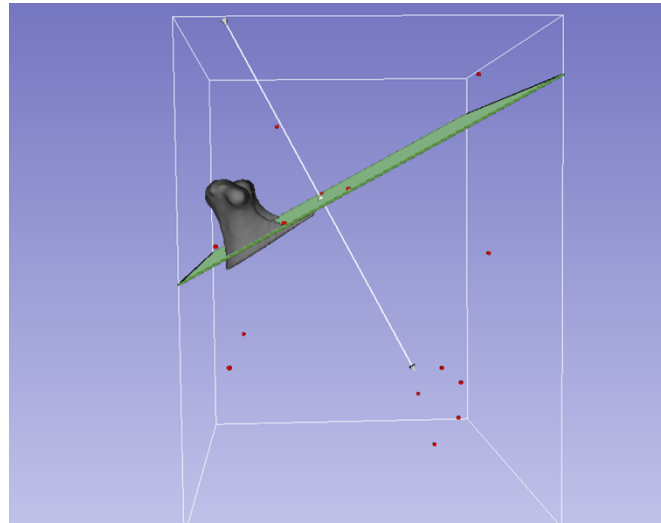


Fig 2. Slicer program interface showing the angle planes tool. The coronal section (green) was used to join the points: right sigmoid notch (IncR) and right coronoid process (PCorR) and left sigmoid notch (IncL) and left coronoid process (PCorL) for the right and left condyles, respectively, and thus standardization of the cut of the mandibular condyles

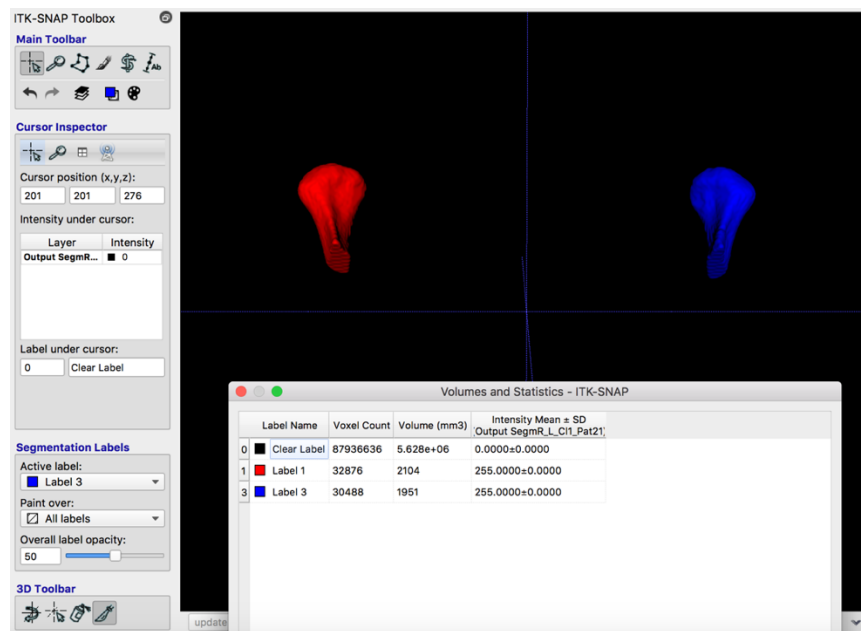


Fig 3. ITK-SNAP program interface showing the measurement of condylar volumes in mm^3 .

Tab 3. Descriptive statistics of condylar volume (mm^3) in the whole sample, and in subjects classified on the base of skeletal class.

Data in the whole sample						
	N	Mean	SD	Minimum	Maximum	P-value
Volume (right side)	58	1834,9	456,5	933,3	2979,0	,599*
Volume (left side)	58	1857,9	517,1	994,1	3235,0	
Volume (mean)	58	1846,4	1721,2	988,6	3085,5	
Class I group						
Volume (right side)	18	1827,5	449,5	1295,0	2572,0	,728*
Volume (left side)	18	1842,8	472,3	994,1	2666,0	
Volume (mean)	18	1835,2	452,1	1158,0	2586,0	
Class II group						
Volume (right side)	21	1733,8	381,1	1121,0	2479,0	,741**
Volume (left side)	21	1717,1	438,5	1099,0	2971,0	
Volume (mean)	21	1725,4	394,6	1140,0	2725,0	
Class III group						
Volume (right side)	19	1953,8	530,0	933,3	2979,0	,155**
Volume (left side)	19	2027,8	607,1	1044,0	3235,0	
Volume (mean)	19	1990,8	559,4	988,6	3085,5	

* P value indicated by the Wilcoxon test ** P value indicated by the paired-t test ($\alpha=0.05$)

4.2 ARTIGO 2

3D VERIFICATION OF RELATIONSHIPS BETWEEN VOLUME OF MANDIBULAR CONDYLE AND MEASUREMENTS OF CRANIAL BASE AND MANDIBULAR SYMPHYSIS

Ana Paula Tenório de Sá^a, Antônio Carlos de Oliveira Ruellas^b, Amanda Carneiro da Cunha^b, Lilian Siqueira Lima^a, Maria Augusta Portela Visconti^c, Mônica Tirre de Souza Araújo^b

^a Doctor Student, Department of Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

^b Professor, Department of Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

^c Professor, Department of Radiology, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

Corresponding Author: Mônica Tirre de Souza Araújo. Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil. Email: monicatirre@uol.com.br

ABSTRACT

Introduction: the aim of this study is to investigate morphological similarities between the mandibular condyle and mandibular symphysis and cranial base, in cone beam computed tomography (CBCT) images using linear and volumetric measurement. **Methods:** Three-dimensional surface models of mandibular condyles and mandibular symphysis were constructed from cone-beam computerized tomography images of 58 subjects, and volumes were measured. 16 hard tissue landmarks at cranial base and mandible were identified and conducted by one trained and calibrated operator. The corresponding 3D points were visualized and linear measurements were performed by joining the 3D distance between points. Pearson correlation and linear regression analyses were performed to assess the relationships between the volume of condyles and mandibular symphysis, and the volume of condyles and linear measurements. **Results:** There was a significant but moderate correlation between the condylar volumes and linear and volumetric measurements of mandibular symphysis ($p < 0.01$). **Conclusions:** The relationship between the condylar volume and mandibular symphysis was found to be moderate and regression equations were developed to predict condylar volume.

INTRODUCTION

The mandibular condyle is one of the bone components of the temporomandibular joint and is the part of the mandible that joins with the skull. There are various diagnostic imaging techniques for the evaluation of temporomandibular joint (TMJ) structures. However, cone beam computed tomography (CBCT) is the technique of choice for optimal imaging of osseous components¹. CBCT is an accurate, cost-effective, and relatively low-radiation three-dimensional (3D) imaging technique. In addition, it is a safe method that is frequently used in dentistry and allows three-dimensional examination of TMJ.²

Advancement of 3-dimensional (3D) imaging modalities has enabled clinicians and researchers to analyze various craniofacial structures to an extent that was not possible with 2-dimensional (2D) radiographic images.^{3;4} CBCT has become an increasingly important adjunctive diagnostic tool in assessing dentofacial structures and helping clinicians establish accurate diagnoses and

treatment plans⁵. This is primarily attributed to its ability to provide linear and volumetric measurements on 3D skeletal models⁶ and this technology shows promise in assessing condylar shape and volume for physiologic and pathologic condylar changes, to understand the development of growth and changes after treatment or surgery. For this reason, an accurate and precise measurement method is crucial.⁷ High-resolution images of the craniofacial structures enable accurate volumetric and linear measurements of craniofacial structures.^{5; 7; 8; 9}

The presence of the anatomical and biomechanical elements of TMJ makes TMJ more susceptible to pathological changes¹⁰. The morphology and dimensions of the mandibular condyles play an important role in temporomandibular disorders,¹¹ facial asymmetries¹² and certain malocclusions,^{13; 14} and so their assessment is of the utmost importance in diagnosis. The condyle is the primary growth center of the mandible. With its response to stimulants during the remodeling process, the condyle plays an important role in growth to adult size. Therefore, the mandible volume is thought to play an important role in the relationship between the maxillary and mandibular plates and the mandibular final dimension.⁹

Degenerative arthritis or osteoarthritis (OA) is an age-related disorder and the most common pathological condition of the TMJ. Osteoarthritic bony changes include flattening, sclerosis, the formation of osteophytes, erosion, resorption of the condylar head, erosion of mandibular fossa and reduced joint space.^{15; 16; 17; 18; 19; 20} Early diagnosis of such conditions is important to monitor bone destruction, either localized to the TMJ or systemic, before loading the joints with orthodontic/orthopedic forces or undertaking jaw surgery. Therefore, further investigation on the different morphological osteoarthritic patterns, particularly on their initial stages, is necessary in order to better understand the specific features involved in the disease process.²¹

Quantitative tools based on 3D models could aid detecting disease progression and disease staging. These tools would help to characterize TMJ OA and to enable the development of effective treatments. More importantly, these tools should be developed as open-source free-software to enable any researcher to realize their own characterization of the disease and increase the scientific knowledge about it. Cevitanes et al. (2014) were the first to report an association between specific OA biomarkers and 3-dimensional (3D)

morphological variations at specific anatomic regions on the TMJ condylar surface. Custom quantibody protein microarrays RayBiotech (Norcross, GA) were used to evaluate the saliva and serum samples for 17 biomarkers expressed in both synovial fluid and blood in our preliminary work.²² Dumast et al (2018) was the first study to compare phenotypic findings across different degrees of 3D joint degeneration using a neural network.²³

Despite the large number of published studies involving volumetric and morphological evaluations of the mandibular condyles, to the authors' knowledge this is the first study that investigate morphological similarities between the mandibular condyle and other regions of the mandible and maxilla: mandibular symphysis and cranial base, in CBCT images using linear and volumetric measurement. The tested hypothesis was the following: would any linear or volumetric measurement be able to predict the condylar volume?

MATERIALS AND METHODS

This research was approved by the Research Ethics Committee of the Clementino Fraga Filho University Hospital of the Federal University of Rio de Janeiro (protocol number 4.451.444). It was a descriptive, retrospective observational study. The 3D CBCT scans of 116 temporomandibular joints (TMJs) from 58 patients were examined. The inclusion criteria were: (1) patients of both sexes; (2) individuals with stage of maturation of the cervical vertebral at least in stage 4 - CS4 (BACCETTI, FRANCHI and MCNAMARA, 2005),²⁴ 3) without distinction of race and 4) good general health. The exclusion criteria were as follows: 1) presence of syndromes or pathologies in the head and neck region; 2) subjects with abnormal condylar morphology, due to the development of TMJ osteoarthritis, such as flattening, erosion, sclerosis, osteophytes, resorption and 3) CBCT examinations of compromised technical quality.

The protocol for image acquisition was carried out with the patients in upright position, keeping the Frankfort horizontal plane (tragus-infraorbital) parallel to the ground. The tomographic exams were obtained in the Kodak K9500® scanner (Carestream Health, Rochester, USA) with Voxel (Volumetric Picture Element) of 0.3 mm, FOV of 18 cm x 20.6 cm and rotation time of 10.8 seconds., with a 0.3-mm isotropic voxel size.

In order to manipulate and analyze the CBCT scans, the DICOM files were converted into *gipl.gz* format using the ITK-SNAP software v.3.8 (open-source software, www.itksnap.org). Then, segmentation of the cranial base, maxilla and mandible were constructed by outlining the cortical threshold using a semiautomatic procedure. This software is an open source medical image processing application, which provides a combination of modalities for extracting structures in 3D image data.

To avoid variations produced by different orientations between image acquisitions, the head was reoriented using three planes: (1) median sagittal plane, (2) Frankfurt plane; and (3) transporionic axis. The sagittal plane was constructed by delimiting three structures on the cranial base: (1) upper apex of Galli Crest (GC); (2) S Point (S); and (3) Basium (Ba). The Frankfurt plane was marked by bilateral delimitation of two structures: (1) anatomical Porium; (2) orbital point (Or). Finally, the coronal plane was delimited by joining the two anatomical Porium (Po). The three planes should be at ratio of 90° to each other²⁵.

We identified and labeled 16 hard tissue landmarks using ITK-Snap (tab 1). Landmark identification was conducted by one trained and calibrated operator. The corresponding 3D points were visualized using 3D Slicer software v.4.11 (open-source software, www.slicer.org) and linear measurements were performed by joining the different landmarks using the Q3DC (quantification of 3D components) tool, as described in Table 2. This tool allows users to compute the 3D distance between points and the distances along each of the axes in the 3D space: right–left (RL), anteroposterior (AP), and superoinferior components of the 3D distances.

3D cephalometric analysis was conducted to determine skeletal pattern and characterize the sample, angular measurements were performed by joining the different landmarks using the Q3DC (quantification of 3D components) tool. The software automatically calculated SNA and SNB angles to express the anteroposterior position of the maxilla and mandible, respectively, relative to the cranial base.

The process of construction of surface models is called segmentation and was performed using the ITK-SNAP software.^{19; 26; 27} In this study was performed the segmentation of mandibular condyles and a mandibular symphysis slicer.

The condylar volume was assessed in three steps because this study used the combined segmentation tools of two software applications, 3D Slicer and ITK-SNAP. Initially the segmentation was performed using the ITK-SNAP software, the mandibular condyles were identified and delineated with the means of semiautomatic segmentation. Afterwards, manual segmentation was performed to ensure correct segmentation, checking slice by slice in all three planes of space (sagittal, coronal and axial). The output of the ITK-SNAP segmentation was a 3D surface mesh reconstruction model. In this study, the surface mesh was saved as a.vtk (stereolithography) and opened at 3D Slicer.

The mandibular condyles need to be measured in a standardized method. The files in .vtk format were exported to the 3D Slicer v4.11 (www.slicer.org). For the measurement of condylar volumes, the following points were used as cutoff reference: right sigmoid notch (RSn) and right coronoid process (RCorP) and left sigmoid notch (LSn) and left coronoid process (LCorP) for the right and left condyles, respectively. Using the Angle Planes module in 3D Slicer, one pre-existing plane (Axial, Coronal or Sagittal) were manually positioned in order to unite these points and standardize the cut of the condyles in all patients. The easy clip module in 3D Slicer made this possible and the condyles were cropped and saved in gilp.gz format. Finally, the volumes of cropped condyles were exported to the ITK-SNAP software and it was possible to automatically calculate the condylar volumes in mm³.

To quantify the area referring to the mandibular symphysis was decided to segment only one slice, the segmentation was performed using the ITK-SNAP software. The choice of the slice was guided by multiplanar reconstructions: axial, coronal and sagittal, and segmentation was performed at the median point of the mandibular symphysis region. The bone was filled manually using the paintbrush mode tool in the sagittal tomographic cut. After the total segmentation of this slice, its area was measured automatically in mm², characterizing the total area of mandibular symphysis (TSymp).

The partial area of the symphysis was also measured, which excludes the bone component referring to the alveolar bone. In the sagittal cut, a line was drawn, using the Image Annotation Mode - liner and ruler mode tool, tangent to the internal outline of the symphysis and passing through the most posterior point (pog') of this structure. Using the same tool in the program, another line was

drawn from point B and perpendicular (90 degrees) to the line described above. Any bone structure above was excluded from segmentation. Then, the area was again measured in mm² characterizing the partial area of mandibular symphysis (PSymp) (Figs 1 and 2).

STATISTICAL ANALYSIS

The reliability of the 3D measurements and volumes was assessed by repeating landmark positioning and measurements on the CBCT images of 12 randomly selected subjects (20% of the sample). The examiner who did all the measurements was calibrated. For intraobserver reproducibility, the examiner performed landmark positioning and measurements at 2 times, with an interval of at least 2 weeks between the measurements. The intra-class correlation coefficient (ICC) was 0.996 for volumetric measurements and 0.967 for linear measurements.

Kolmogorov-Smirnov test was used to check the normality of data distribution. Descriptive statistics were performed in three groups and were verified normally distributed data.

The Pearson correlations between the condylar volumes and volumetric (TSymp and PSymp) and linear measurements (B-B_L; Pog-Pog_L; S-N; S-Ba; GoR-GoL; RSn-RCorP; LSn-LCorP) were determined. For the purposes of the present study, the correlations were defined as follows: 0.90 to 1.00, very high correlation; 0.70 to 0.89, high correlation; 0.50 to 0.69, moderate correlation; 0.30 to 0.49, low correlation; and 0.00 to 0.29, very low correlation.

Stepwise multiple linear regression analysis was used to identify the independent variables that best predict condylar volume. A significance level of P 0.05 was applied. The statistical analyses were performed using SPSS version 22.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTS

The sample included 116 segmentations for 58 patients. The mean condylar volume was 1846,4 ± 476,2 mm³, SNA 83,9 ± 3,8°, SNB 81,2 ± 5°, ANB 2,7 ± 4,8° and SN-GoGn 31,3 ± 5,5° (Table 3).

Pearson's test showed moderate correlation between the volumes of the condyles and volumes of TSymp ($r = 0.308$) and PSymp ($r = 0.376$). Also showed moderate correlation with linear measurements Pog-Pog_L 3D ($r = 0.375$) and Pog-Pog_L AP ($r = 0.437$) (Table 4).

Stepwise linear regression analysis identified the independent variables that best predict condylar volume and showed that there was a significant linear relationship between condylar volume and linear or volumetric measurements: TSymp, PSymp, Pog-Pog_L AP and Pog-Pog_L 3D ($p < .001$) (Table 5).

The equation to predict the volume condylar from the parcial symphysis (PSymp) is: **Condylar volume = 1010.204 + 9.746 x (PSymp).**

The equation to predict the volume condylar from the distance antero-posterior between points Pog and Pog_L (Pog-Pog_L AP) is: **Condylar volume = 32.928 + 133.837 x (Pog- Pog AP).**

Tab 4. Pearson correlation.

	TSym	PSym	B-B _L AP	B-B _L 3D	Pog- Pog _L AP	Pog- Pog _L 3D	Go R-Go L RL	Go R-Go L 3D	RSn- RCorP AP	RSn- RCorP 3D	LSn- LCorP AP	LSn- LCorP 3D	S-N AP	S-N 3D	S-Ba AP	S-Ba 3D
Cond R	,260*	,308*	,011	- ,004	,374**	,317*	-,132	-,131	,035	-,025	,075	-,019	,231	,254	,086	-,033
Cond L	,338*	,420**	,035	,016	,475**	,410**	-,118	-,119	,100	,013	,078	,024	,201	,221	,061	-,010
Cond (mean)	,308	,376	,024	,007	,437	,375	-,127	-1,28	,071	,005	,112	,004	,206	,242	,075	-,043

* $\alpha=0,05$. ** $\alpha=0,01$.

DISCUSSION

In the present study, CBCT images were collected to obtain linear and volumetric measurements of the condyle, mandibular symphysis and cranial base.

The anatomical structure of the TMJ is complex; thus, clinical examinations cannot precisely reveal its internal environment. Taking this obstacle into account, various radiographic methods have been used in previous studies to examine the TMJ morphology^{3; 28}.

Weinberg (1972) reported a clinical investigation of 67 patients to correlate temporomandibular dysfunction with radiographic findings. TMJ radiographs were evaluated bilaterally and superior part of fossa was used for determining condylar position. In association with clinical findings, this article was able to identify correlation between bilateral asymmetric TMJ spaces and temporomandibular pain.²⁹ Nowadays, recent advances in craniofacial imaging have made possible to obtain 3D representations of the craniofacial structures with CBCT. CBCT provides a three-dimensional (3D) approach, without overlap of the anatomical structures and with high resolution, to study the TMJ where conventional radiographs lack the accuracy to detect remodelling^{30; 31}. It is an accurate, cost-effective, relatively low-radiation exposure three-dimensional (3D) imaging technique³² and with an adequate acquisition protocol, provides a clear visualization of the hard tissues of the TMJ and markedly reduces radiation and cost compared with medical CT²⁰.

Evaluation of mandibular condyles based upon CBCT may help to improve diagnosis of pathological alterations and has been proved to be an accurate and reliable method for measuring craniofacial structures. Honda et al³³ evaluated twenty-one TMJ cadaver specimens and demonstrated that CBCT is a valid radiological method to assess osseous abnormalities of the mandibular condyles. Bayram et al² evaluated five dry mandibles containing nine condyles, mandibular condyle volume measurements done on CBCT images was compared with physical volume measurements, they concluded that CBCT is a reliable technique for the clinical assessment of bone volume measurements of the mandibular condyle. Garcia-Sanz et al⁷ evaluate the reliability and accuracy of

CBCT for taking linear and volumetric measurements of mandibular condyles in six embalmed cadaver heads with soft tissues intact, in this way resembling clinical conditions, and the authors also concluded that CBCT is an accurate method for making both volumetric and linear measurements of mandibular condyles even in the presence of the soft tissue component. In these studies, the accuracy of the measurements was confirmed because to assess method accuracy, it is necessary to use the real structure as the gold standard.

Several *in vivo* studies have focused on the anatomy of the condyle to establish relationships with different parameters. Tecco et al⁹ studied the volume and surface of mandibular condyles, finding high anatomical variability. Saccucci et al¹³ also assessed the volume of the condyles and identified associations between volume and skeletal malocclusions.

Marghala et al³⁴ assessed the relationship between the volume condyle and the mandible, using the CBCT segmentation method and a secondary objective was to evaluate if the mandibular volume can be predicted by the volume of the ipsilateral condyle. Condylar and mandibular segmentations from a sample of CBCTs for 37 individuals were selected and T-test, correlation and linear regression analyses were performed to assess the relationships between the volumes of the condyles and mandible. They concluded that the relationship between the condylar volume and the rest of the mandible was found to be moderate. The relation between the condylar volume and mandibular volume is described by the regression equations for each side of the jaw. The present study tries to simplify this possible predilection and evaluated linear and volumetric measurements that would be more accessible to the knowledge and measurement of the clinician.

Segmentation is the process that extracts three-dimensional reconstructions of the structure to calculate the surface area and volume of the region of interest. This study used the combined segmentation tools of two software applications, ITK-SNAP and 3D Slicer, 116 mandibular condyles and 58 mandibular symphyses were segmented, the methodology used was innovative and not yet reported in the literature.

In an attempt to improve the accuracy of volume measurements, the ITK-SNAP software segmentation tool was used. This allowed the condyles to be segmented by means of a 'region competition' method, which demarcates the

volume within the condyle, with less influence from threshold and surrounding tissues. Moreover, it allowed the operator to manually segment any area of the condyle that had not been selected during the semi-automated segmentation, by scrolling through the CBCT slices. ITK-SNAP software was used in the present study because this user-friendly and intuitive software is an open-source medical image processing application²⁷. 3D Slicer provides powerful tools for orientation, multimodal imaging, volume rendering, registration and visualization and allows a selective cropping of CBCT volumes.

The condylar volume was assessed in three steps. Initially the segmentation was performed using the ITK-SNAP software, the mandibular condyles were identified and delineated with the means of semiautomatic segmentation. Afterwards, manual segmentation was performed to ensure correct segmentation, checking slice by slice in all three planes of space (sagittal, coronal and axial). The mandibular condyles need to be measured in a standardized method, the next step characterizes the difference with other studies already published. The files were exported to the 3D Slicer v4.9 for the measurement of condylar volumes, and four points were used as cutoff reference: right sigmoid notch (RSn) and right coronoid process (RCorP) and left sigmoid notch (LSn) and left coronoid process (LCorP) for the right and left condyles, respectively. Using the Angle Planes module in 3D Slicer, one pre-existing plane were manually positioned in order to unite these points and standardize the cut of the condyles in all patients. The easy clip module in 3D Slicer made this possible and the condyles were cropped and saved. Finally, the volumes of cropped condyles were exported to the ITK-SNAP software and it was possible to automatically calculate the condylar volumes in mm³. The results from the present study demonstrated excellent intrarater reliability (ICC = 0.990) when the same condylar volume was calculated 2 times by the same rater, each 2 weeks apart, using the condylar volume determination technique described above.

When assessing a condyle volume, a reliable method to determine the condylar region of interest is crucial, specifically, the inferior border of the volume of interest. Any significant errors in repeatedly establishing this inferior border may significantly influence the resulting condylar volume. Bayram et al² established the inferior border at a line tangent to the distal slope of the coronoid process. Although this method can work reliably in vitro when no other

surrounding craniofacial structures are present as demonstrated by their reported high inter-observer reliability, this may pose a problem when used clinically because a small change in the position of mandible due to muscle tension can cause an increase in the coronoid process curvature as suggested by Torisu et al³⁵, significantly affecting the tangent line thus the resulting condylar volume. Xi et al^{31; 36} introduced c- point, the most inferior point of sigmoid notch, and c-plane, a plane parallel to the Frankfurt plane at c-point similar to the method described by da Silva et al study³⁷. Location of c-points were repeated by the same observer and the percentage difference of resulting condylar volumes was 0.1%. Nicolielo et al³⁸ study also investigated the reliability of their volume of interest determination method where a standardized sphere was created with its border passing through the most inferior point of sigmoid notch. Its absolute effect on the resulting condylar volume was not reported; however, they were able to analyze solely on the segmentation process reproducibility without the influence of volume of interest selection by subtracting the borders difference before performing the part-comparisons to the reference model³⁸.

A systematic review published recently by Kim et al³⁹ analyzed the reliability and accuracy of methods used for three-dimensional condyle segmentation. A definitive conclusion with regards to which current technique is most reliable and accurate to efficiently segment the mandibular condyle cannot be made with currently available evidence and further studies with more homogenous data sets are needed to perform a meta-analysis to analyze the available condylar segmentation techniques from three-dimensional images.

The area of the mandibular symphysis was also assessed, this methodology has not been published in the literature. To quantify the volume referring to the mandibular symphysis was decided to segment only one slice, the segmentation was performed using the ITK-SNAP software. After the total segmentation of this slicer, its area was measured automatically in mm², characterizing the total area of mandibular symphysis (TSymp). The partial area of the symphysis was also measured, which excludes the bone component referring to the alveolar bone. Then, the area was again measured in mm² characterizing the partial volume of mandibular symphysis (PSymp).

Cevidanes et al. (2015)⁴⁰ represented a preliminary step toward an index of osteoarthritic changes. Their research group's long-term goals are to implement statistical measurements that allow early detection of the degree of bone destruction and/or bone proliferation in any individual joint. Such an early diagnosis index is beyond the scope of this work and will require larger control and OA samples longitudinal studies and further statistical description of combinatorial biomarker assessments, such as receiver operating characteristic (ROC) curves on disease vs. health, as well as classification-based schemes for computer-aided diagnosis of TMJ OA. The present study found a moderate correlation between condylar volume and volumetric and linear measurements of the mandibular symphysis, perhaps this is a parameter to be considered to characterize normal condylar volume.

CONCLUSION

The relationship between the condylar volume and mandibular symphysis was found to be moderate and regression equations were developed to predict condylar volume, the present study tries to simplify this possible predilection and evaluated linear and volumetric measurements that would be more accessible to the knowledge and measurement of the clinician.

REFERENCES

- 1 PAKNAHAD, M. et al. Is Mandibular Fossa Morphology and Articular Eminence Inclination Associated with Temporomandibular Dysfunction? **J Dent (Shiraz)**, v. 17, n. 2, p. 134-41, Jun 2016. ISSN 2345-6485. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27284559> >.
- 2 BAYRAM, M. et al. Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography. **Eur J Radiol**, v. 81, n. 8, p. 1812-6, Aug 2012. ISSN 1872-7727. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21680124> >.
- 3 HONEY, O. B. et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 132, n. 4, p. 429-38, Oct 2007. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17920495> >.

- 4 HUSSAIN, A. M. et al. Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 37, n. 2, p. 63-71, Feb 2008. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18239033> >.
- 5 SHUKLA, S.; CHUG, A.; AFRASHTEHFAR, K. I. Role of Cone Beam Computed Tomography in Diagnosis and Treatment Planning in Dentistry: An Update. **J Int Soc Prev Community Dent**, v. 7, n. Suppl 3, p. S125-S136, Nov 2017. ISSN 2231-0762. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29285467> >.
- 6 DAMSTRA, J. et al. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 137, n. 1, p. 16.e1-6; discussion 16-7, Jan 2010. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20122425> >.
- 7 GARCÍA-SANZ, V. et al. Accuracy and Reliability of Cone-Beam Computed Tomography for Linear and Volumetric Mandibular Condyle Measurements. A Human Cadaver Study. **Sci Rep**, v. 7, n. 1, p. 11993, 09 2017. ISSN 2045-2322. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28931867> >.
- 8 DE VOS, W.; CASSELMAN, J.; SWENNEN, G. R. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 38, n. 6, p. 609-25, Jun 2009. ISSN 1399-0020. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19464146> >.
- 9 TECCO, S. et al. Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects. **BMC Med Imaging**, v. 10, p. 28, Dec 2010. ISSN 1471-2342. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21194477> >.
- 10 NASCIMENTO FALCÃO, I. et al. 3D Morphology Analysis of TMJ Articular Eminence in Magnetic Resonance Imaging. **Int J Dent**, v. 2017, p. 5130241, 2017. ISSN 1687-8728. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28713426> >.
- 11 CEVIDANES, L. H. et al. CONDYLAR RESORPTION IN PATIENTS WITH TMD. **Craniofac Growth Ser**, v. 46, p. 147-157, Mar 2009. ISSN 0162-7279. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26549915> >.
- 12 ZHANG, Y. L. et al. Morphologic Analysis of the Temporomandibular Joint Between Patients With Facial Asymmetry and Asymptomatic Subjects by 2D and 3D Evaluation: A Preliminary Study. **Medicine (Baltimore)**, v. 95, n. 13, p. e3052, Mar 2016. ISSN 1536-5964. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27043669> >.

- 13 SACCUCCI, M. et al. Condylar volume and condylar area in class I, class II and class III young adult subjects. **Head Face Med**, v. 8, p. 34, Dec 2012. ISSN 1746-160X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23241136> >.
- 14 _____. Do skeletal cephalometric characteristics correlate with condylar volume, surface and shape? A 3D analysis. **Head Face Med**, v. 8, p. 15, May 2012. ISSN 1746-160X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22587445> >.
- 15 MARTINEZ BLANCO, M. et al. Osteoarthritis of the temporomandibular joint. A clinical and radiological study of 16 patients. **Med Oral**, v. 9, n. 2, p. 110-15, 106-10, 2004 Mar-Apr 2004. ISSN 1137-2834. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14990876> >.
- 16 YAMADA, K. et al. Morphology of the articular eminence in temporomandibular joints and condylar bone change. **J Oral Rehabil**, v. 31, n. 5, p. 438-44, May 2004. ISSN 0305-182X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15140169> >.
- 17 GYNTHNER, G. W.; TRONJE, G. Comparison of arthroscopy and radiography in patients with temporomandibular joint symptoms and generalized arthritis. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 27, n. 2, p. 107-12, Mar 1998. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9656876> >.
- 18 GYNTHNER, G. W.; TRONJE, G.; HOLMLUND, A. B. Radiographic changes in the temporomandibular joint in patients with generalized osteoarthritis and rheumatoid arthritis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 81, n. 5, p. 613-8, May 1996. ISSN 1079-2104. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8734713> >.
- 19 CEVIDANES, L. H. et al. Quantification of condylar resorption in temporomandibular joint osteoarthritis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 110, n. 1, p. 110-7, Jul 2010. ISSN 1528-395X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20382043> >.
- 20 ALEXIOU, K.; STAMATAKIS, H.; TSIKLAKIS, K. Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 38, n. 3, p. 141-7, Mar 2009. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19225084> >.
- 21 GOMES, L. R. et al. Diagnostic index of three-dimensional osteoarthritic changes in temporomandibular joint condylar morphology. **J Med Imaging (Bellingham)**, v. 2, n. 3, p. 034501, Jul 2015. ISSN 2329-4302. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26158119> >.
- 22 CEVIDANES, L. H. et al. 3D osteoarthritic changes in TMJ condylar morphology correlates with specific systemic and local biomarkers of disease. **Osteoarthritis Cartilage**, v. 22, n. 10, p. 1657-67, Oct 2014.

- ISSN 1522-9653. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25278075> >.
- 23 DE DUMAST, P. et al. A web-based system for neural network based classification in temporomandibular joint osteoarthritis. **Comput Med Imaging Graph**, v. 67, p. 45-54, 07 2018. ISSN 1879-0771. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29753964> >.
- 24 BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; MCNAMARA, J. A. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. **Angle Orthod**, v. 72, n. 4, p. 316-23, Aug 2002. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12169031> >.
- 25 RUELLAS, A. C. et al. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 149, n. 5, p. 645-56, May 2016. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27131246> >.
- 26 PANIAGUA, B. et al. Clinical application of SPHARM-PDM to quantify temporomandibular joint osteoarthritis. **Comput Med Imaging Graph**, v. 35, n. 5, p. 345-52, Jul 2011. ISSN 1879-0771. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21185694> >.
- 27 YUSHKEVICH, P. A. et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. **Neuroimage**, v. 31, n. 3, p. 1116-28, Jul 2006. ISSN 1053-8119. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16545965> >.
- 28 BJORK, A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. **J Dent Res**, v. 42(1)Pt 2, p. 400-11, 1963 Jan-Feb 1963. ISSN 0022-0345. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13971295> >.
- 29 WEINBERG, L. A. Correlation of temporomandibular dysfunction with radiographic findings. **J Prosthet Dent**, v. 28, n. 5, p. 519-39, Nov 1972. ISSN 0022-3913. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4507574> >.
- 30 SCHILLING, J. et al. Regional 3D superimposition to assess temporomandibular joint condylar morphology. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 43, n. 1, p. 20130273, 2014. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24170802> >.
- 31 XI, T. et al. Validation of a novel semi-automated method for three-dimensional surface rendering of condyles using cone beam computed tomography data. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 42, n. 8, p. 1023-9, Aug 2013. ISSN 1399-0020. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23528746> >.
- 32 LUDLOW, J. B. et al. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT.

- Dentomaxillofac Radiol**, v. 35, n. 4, p. 219-26, Jul 2006. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16798915> >.
- 33 HONDA, K. et al. Evaluation of the usefulness of the limited cone-beam CT (3DX) in the assessment of the thickness of the roof of the glenoid fossa of the temporomandibular joint. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 33, n. 6, p. 391-5, Nov 2004. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15665233> >.
- 34 MARGHALANI, H. Y. A. et al. 3D verification of volumetric measurements and relationships between the condyle and the rest of the mandible; a novel approach. **Folia Morphol (Warsz)**, Sep 2020. ISSN 1644-3284. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32896875> >.
- 35 TORISU, T. et al. A cross-sectional study on the relationship between craniofacial morphology and the coronoid process. **Eur J Orthod**, v. 31, n. 6, p. 613-9, Dec 2009. ISSN 1460-2210. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19622629> >.
- 36 XI, T. et al. A novel region-growing based semi-automatic segmentation protocol for three-dimensional condylar reconstruction using cone beam computed tomography (CBCT). **PLoS One**, v. 9, n. 11, p. e111126, 2014. ISSN 1932-6203. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25401954> >.
- 37 DA SILVA, R. J. et al. Changes in condylar volume and joint spaces after orthognathic surgery. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 47, n. 4, p. 511-517, Apr 2018. ISSN 1399-0020. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29103834> >.
- 38 NICOLIELO, L. F. P. et al. Validation of a novel imaging approach using multi-slice CT and cone-beam CT to follow-up on condylar remodeling after bimaxillary surgery. **Int J Oral Sci**, v. 9, n. 3, p. 139-144, 09 2017. ISSN 2049-3169. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28708129> >.
- 39 KIM, J. J. et al. Reliability and accuracy of a method for measuring temporomandibular joint condylar volume. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol**, Aug 2020. ISSN 2212-4411. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32950426> >.
- 40 CEVIDANES, L. H. et al. 3D superimposition and understanding temporomandibular joint arthritis. **Orthod Craniofac Res**, v. 18 Suppl 1, p. 18-28, Apr 2015. ISSN 1601-6343. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25865530> >.

Tab 1 Definitions of landmarks used in this study.

Landmark	Definition	Sagittal View	Coronal view	Axial view
Nasion (N)	Most anterior limit of the frontonasal suture in the facial midline	Most anterior point	Midpoint	Most anterior and midpoint of the anterior contour
Sella (S)	Centre of the sella turcica	Midpoint of the anteroposterior width	Midpoint of the lateral width of the fossa, determined anteroposteriorly by the other two slices	Midpoint of the anteroposterior and lateral width of the fossa
Basion (Ba)	Midpoint on the anterior margin of the foramen magnum	Most posterior and lowest point	Midpoint of the foramen, determined anteroposteriorly by the other two slices	Most anterior point of the foramen
A-Point (A)	Deepest bony point on the contour of the premaxilla	Most posterior point	Midpoint determined anteroposteriorly by the other two slices cortex	Most anterior and midpoint
B-Point (B)	Deepest bony point on the contour of the mandible	Most posterior point	Midpoint determined anteroposteriorly by the other two slices	Most anterior and midpoint
Lingual B-Point (BL)	Point formed by the intersection between the perpendicular line that passes in the middle point B with the line that touches the internal contour of the mandibular symphysis	Most posterior point	Uppermost point	Most posterior and midpoint
Pogonion (Pog)	Most prominent point in the mandibular symphysis.	Most anterior point	Midpoint	Most anterior and midpoint

Lingual Pogonion (PogL)	The most posterior point located in the external lingual cortical of the mandibular symphysis.	Most anterior point	Midpoint	Most posterior and midpoint
Menton (Me)	The most inferior point on the midline of the mandibular symphysis.	Lowest point	Lowest point	Lowest and midpoint
Gnathion (Gn)	The most inferior and anterior point on the midline of the mandibular symphysis.	Most anterior and lowest point	Mid- and lowest point	Most anterior, lowest and midpoint
Gonion right (GoR)	The midpoint on the curvature of the angle of the mandible where the ramus and the body of the mandible meet on the right side	Most posterior and lowest point	Mid- and lowest point	Mid- and lowest point
Gonion Left (GoL)	The midpoint on the curvature of the angle of the mandible where the ramus and the body of the mandible meet on the left side	Most posterior and lowest point	Mid- and lowest point	Mid- and lowest point
Right coronoid process (RCorP)	The tip of the right coronoid process	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices
Right sigmoid notch (RSn)	The lowest point of the right sigmoidal notch's concavity	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices
Left Coronoid process (LCorP)	The tip of the left coronoid process	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices
Left Sigmoid notch (LSn)	Lowest point of the left sigmoidal notch's concavity	Uppest point	Mid- and uppest point	Midpoint, determined superoinferiorly by the other two slices

Tab 2 Linear Measurements.

Name	Description	Reference
B-B _L	Distance between points B and B _L	AP and 3D
Pog-Pog _L	Distance between points Pog and Pog _L	AP and 3D
S-N	Distance between points S and N	AP and 3D
S-Ba	Distance between points S and Ba	AP and 3D
GoR-GoL	Distance between points GoR and GoL	RL and 3D
RSn-RCorP	Distance between points RSn and RCorP	AP and 3D
LSn-LCorP	Distance between points LSn and LCorP	AP and 3D

AP= antero-posterior; RL= right-left; 3D= shortest distance between two points.

Tab 3. Descriptive statistics.

	Mean	SD	95% Confidence interval	
			Lower limit	Upper limit
R Cond	1834,9	456,5	1714,9	1955,0
L Cond	1857,9	517,2	1721,9	1993,9
Cond (mean)	1846,4	476,2	1721,2	1971,6
Sinf T	110,8	22,7	104,8	116,7
Sinf P	85,8	18,3	80,9	90,6
B-B _L AP	6,7	1,2	13,1	13,9
B-B _L 3D	7,4	1,4	7,0	7,8
Pog-Pog _L AP	13,5	1,5	13,1	13,9
Pog-Pog _L 3D	14,1	1,4	13,7	14,5
GoR-GoL RL	85,9	6,3	84,2	87,6
GoR-GoL 3D	86	6,3	84,3	87,6
RSn-RCorP AP	13,7	2,3	13,1	14,3
RSn-RCorP 3D	18,4	2,4	17,8	19,1
LSn-LCorP AP	13,7	2,1	13,2	14,3
LSn-LCorP 3D	18,6	2,4	17,9	19,2
S-N AP	63,9	3,5	62,9	64,8
S-N 3D	65,4	3,2	64,6	66,3
S-Ba AP	21,2	3,7	20,2	22,2
S-Ba 3D	43,7	3,6	42,7	44,6

Tab 5. Multiple linear regression analysis between the condyle mean and symphysis total, symphysis partial and distance between points Pog-Pog_L (AP and 3D).

Dependent variable	Independent variables	Unstandardized coefficient b	Standardized coefficient beta	r ²	P-value
Condylar mean	TSymp	6.449	0.308	0.079	0.019
Condylar mean	PSymp	9.746	0.376	0.126	0.004
Condylar mean	Pog-Pog _L AP	133.837	0.437	0.177	0.001
Condylar mean	Pog-Pog _L 3D	119.606	0.375	0.125	0.004

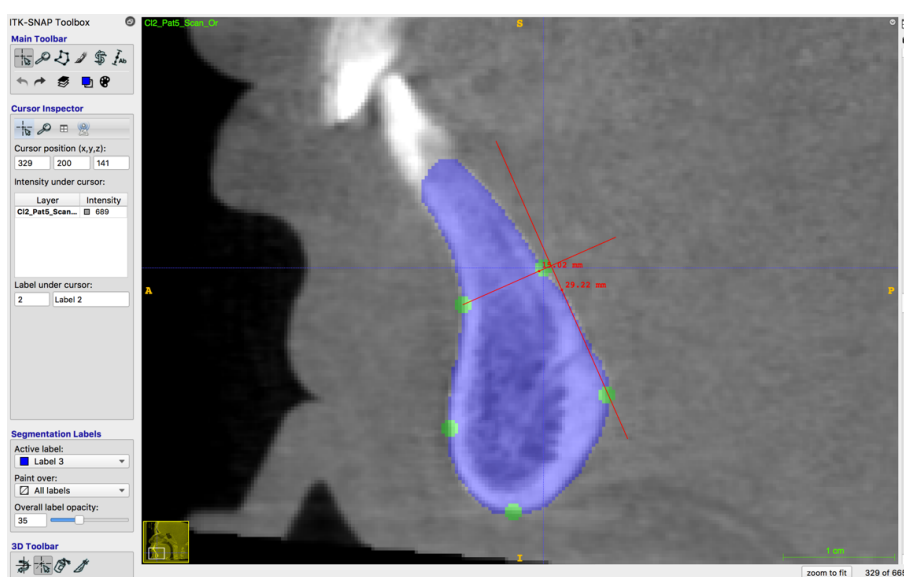


Fig 1. Interface of the ITK-SNAP program showing sagittal section and segmentation referring to the total symphysis. The points and lines of will be used as references to obtain the area of the partial symphysis.

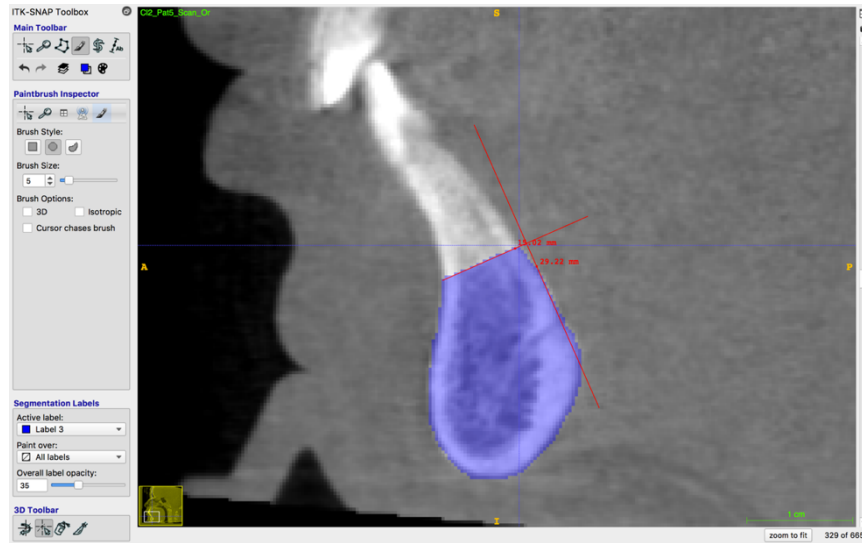


Fig 2. Interface of the ITK-SNAP program showing sagittal section and segmentation related to partial symphysis.

5 DISCUSSÃO

A morfologia da articulação temporomandibular (ATM) tem sido estudada por meio de diferentes metodologias: autópsia do crânio humano (Ishibashi et al., 1995; Garcia-Sanz et al., 2017); histologia (Ishibashi et al., 1995); radiografias (Ishibashi et al., 1995, Honey et al., 2007); ressonância magnética (Alkhader, 2010), tomografia computadorizada (Honey et al., 2007; Vitral and Telles, 2002; Rodrigues et al., 2007) e tomografia computadorizada de feixe cônico (Honey et al., 2007; Schlueter et al., 2008; Tecco et al., 2010; Bayram et al., 2012; Cevidane et al., 2018; Cevidane et al., 2010; Saccucci et al., 2012; Gomes et al., 2015; Paniagua et al., 2017; Ma et al., 2018; Nota et al., 2020). As radiografias convencionais representam parte da documentação ortodôntica e ainda são utilizadas para o diagnóstico, análise do crescimento e desenvolvimento craniofacial e avaliação dos resultados do tratamento. Porém, as radiografias são representações bidimensionais (2D) de estruturas tridimensionais (3D), provendo informações diagnósticas limitadas. Além do mais, possuem magnificação da imagem, distorções geométricas e sobreposição de estruturas anatômicas (Shukla et al, 2017).

O exame de TCFC oferece excelente representação dos tecidos duros da articulação temporomandibular, apesar da variação na densidade e composição do tecido ósseo. Investigações têm demonstrado que imagens de TCFC podem ser notavelmente precisas na realização de mensurações lineares (Ludlow et al.,

2007; Bayram et al., 2012) e volumétricas (Schlueter et al., 2008; Garcia-Sans et al., 2017) das estruturas do complexo maxilofacial. No presente estudo, imagens de TCFC de 58 pacientes foram coletadas para obtenção de medidas lineares e volumétricas dos côndilos mandibulares, sínfise mandibular e base do crânio.

A avaliação morfológica do complexo craniofacial, utilizando TCFC, pode ser realizada de diversas maneiras, dentre as quais, destaca-se a técnica de segmentação. O processo de segmentação pode ser definido como a construção de modelos virtuais 3D de uma determinada estrutura. Significa separar um elemento específico, através da remoção de outras estruturas de não interesse, para melhor visualização e análise. Modelos virtuais 3D de estruturas esqueléticas, tecidos moles e vias aéreas podem ser construídos por meio de segmentação, servindo como base para análises quantitativas e qualitativas do complexo craniofacial (Yushkevich et., 2006). No presente estudo foram realizadas segmentações de 116 côndilos mandibulares e 58 sínfises mandibulares.

O procedimento de segmentação deve ser preciso e confiável para isolar a estrutura óssea. A segmentação dos côndilos mandibulares com a utilização de imagens TCFC é mais complexa devido a presença do disco articular, a proximidade com a fossa glenóide, a sobreposição de múltiplas estruturas ósseas e a baixa densidade óssea (Schlueter et al., 2008; Fourie et al., 2012; Engelbrecht et al., 2013).

Em uma recente revisão sistemática da literatura (Kim et al., 2020), analisou-se confiabilidade e a precisão dos métodos utilizados para a segmentação tridimensional do côndilo. Uma conclusão definitiva sobre qual técnica atual é mais confiável e precisa para segmentar eficientemente os

côndilos mandibulares ainda não pode ser realizada com as evidências científicas disponíveis, sendo necessários estudos com conjuntos de dados mais homogêneos. Porém, a segmentação semiautomática no software ITK-SNAP foi descrita, validada e testada em relação a sua acurácia, sendo considerada superior ao método de segmentação manual realizado corte por corte (Yushkevich et al., 2006).

O processo de segmentação semiautomático foi utilizado no presente estudo e incluiu a seleção do intervalo da escala de cinza e inserção de sementes nas imagens 2D. A segmentação se dá pelo crescimento e difusão dessas sementes através das áreas (voxel/s) pré-estabelecidas pelo intervalo da escala de cinzas. Apresenta boa sensibilidade, preenchendo pequenas e complexas áreas. Possui ferramentas para edição e correção da segmentação tanto nas imagens 2D e 3D (Weissheimer, 2013).

Esse estudo utilizou ferramentas de segmentação combinadas de dois softwares, ITK-SNAP (ITK-SNAP software, www.itksnap.org) e 3D Slicer (Slicer software, www.slicer.org). A avaliação do volume condilar foi realizado em três etapas. Inicialmente a segmentação foi realizada por meio do software ITK-SNAP, os côndilos mandibulares foram identificados e delineados por meio de segmentação semiautomática, seguida pela segmentação manual, verificando corte por corte nas reconstruções multiplanares (sagital, coronal e axial). Os côndilos precisam ser separados do restante da mandíbula através de uma metodologia padronizada e reproduzível, caracterizando a determinação do volume de interesse (VOI). Para definir o VOI é necessário um plano de corte caudal confiável. Os arquivos foram então exportados para o software 3D Slicer, e quatro pontos foram usados como referência de corte: incisura sigmóide direito

(IncR) e processo coronoide direito (PCorR) e incisura sigmóide esquerdo (InclL) e processo coronóide esquerdo (PCorL) para os côndilos direito e esquerdo, respectivamente. Utilizando ferramentas do programa 3D Slicer, foi possível unir os pontos descritos anteriormente e padronizar o corte dos côndilos em todos os pacientes. Por fim, as reconstruções 3D dos côndilos foram exportadas novamente para o software ITK-SNAP e assim foi possível calcular automaticamente os volumes condilares em mm^3 . Os resultados do presente estudo demonstraram excelente confiabilidade intraexaminador ($\text{ICC} = 0,99$) quando o mesmo volume condilar foi calculado 2 vezes pelo mesmo avaliador, após 2 semanas, usando a técnica de determinação do volume condilar descrita acima.

No estudo publicado por Xi et al. (2013) optou-se por construir um plano de corte (plano-C) que corre paralelo ao plano horizontal de Frankfurt (PHF) e passa pelo ponto C (ponto mais inferior da incisura sigmóide). Como PHF é definido pelos marcos anatômicos porion e infraorbial, dois marcos bem conhecidos que não são afetados pela cirurgia nem pelo crescimento pós-adolescente, o plano C construído seria altamente reproduzível. A parte cranial do processo condilar dissecada pelo plano C foi definida como o côndilo e representou o VOI deste estudo. Kim et al., 2020, utilizaram metodologia semelhante, o VOI condilar foi determinado pela translação do PHF inferiormente até atingir o ponto mais inferior da incisura sigmóide, e o volume condilar resultante superior a este plano representa o VOI. Apesar dessa metodologia estar bem estabelecida na literatura, o presente estudo demonstra uma nova possibilidade de padronização do plano de corte. A utilização das ferramentas dos softwares contribuiu para a melhor reprodutibilidade das medidas

volumétricas condilares, e representa uma nova possibilidade metodológica a ser utilizada em estudos futuros.

No presente estudo foram realizadas comparações do volume condilar em indivíduos com diferentes maloclusões esqueléticas, além de comparar os lados direito e esquerdo. Pode-se concluir que os volumes condilares não variam significativamente em diferentes padrões esqueléticos e entre os lados direito e esquerdo. Essas comparações já estão relatadas na literatura (Tecco et al., 2010; Saccucci et al., 2012; Goulart et al., 2017), porém o presente estudo apresenta relevância devido à utilização dos softwares ITK-SNAP e 3D Slicer para segmentação e padronização do corte dos côndilos, e então mensuração do volume condilar.

Tecco et al. (2010) mediram o volume condilar, a superfície e o Índice Morfométrico (IM) de 300 ATM, em 150 adultos jovens caucasianos, com maloclusões variadas. Os resultados demonstraram que o volume condilar ($693,61 \pm 62,82 \text{ mm}^3$) na ATM direita foi significativamente maior do que na esquerda ($666,99 \pm 48,67 \text{ mm}^3$). Nossos resultados não estão de acordo com esses, pois não foi observada diferença estatisticamente significativa em toda a amostra entre os volumes condilares direito e esquerdo.

Saccucci et al. (2012) compararam o volume e a forma dos côndilos mandibulares em uma população adulta jovem caucasiana, com diferentes maloclusões esqueléticas que foram classificados em três grupos com base no ângulo ANB: classe esquelética I (65 pacientes), classe esquelética II (70 pacientes) e classe esquelética III (65 pacientes). Os volumes condilares foram calculados usando o software Mimics. O volume condilar, a área e o índice morfológico (IM) foram comparados entre os três grupos. Nenhuma diferença

significativa foi observada em toda a amostra entre o volume condilar direito e esquerdo; indivíduos em classe III esquelética apresentaram volume condilar significativamente maior, em relação aos indivíduos classe I e classe II. Em partes, nossos resultados corroboraram com esses pois também não foi observada diferença significativa em toda a amostra entre os volumes condilares direito e esquerdo, e apesar de observar um maior volume condilar em indivíduos classe III, no presente estudo, esse resultado não foi estatisticamente significativo.

O volume da sínfise mandibular também foi avaliado, metodologia essa inovadora na literatura. Para quantificar a área referente à sínfise mandibular optou-se por segmentar apenas um *slice*, todo o processo de segmentação foi realizado por meio do software ITK-SNAP. A escolha do *slice* foi guiada pelas reconstruções multiplanares (RMP): axial, coronal e sagital, e a segmentação foi realizada no ponto mediano da região de sínfise mandibular. Após a segmentação total deste *slice*, sua área foi calculada automaticamente em mm², caracterizando a área total da sínfise mandibular. A área parcial da sínfise também foi mensurada, o que exclui o componente ósseo referente ao osso alveolar.

As medidas lineares foram realizadas com auxílio de ferramentas do software 3D Slicer, caracterizando morfologicamente sínfise mandibular, base craniana e mandíbula. Ao selecionar os pontos e escolher a medida desejada o programa decompõe, automaticamente, as distâncias entre as projeções dos pontos de referência 3D no sistema de coordenadas x, y e z, ou seja, é feito a quantificação das diferenças direcionais em cada plano do espaço gerando medidas verticais, transversais e anteroposteriores, mesmo os pontos

encontrando-se em planos diferentes. Já as medidas angulares foram realizadas através de análise cefalométrica 3D, onde foi possível a marcação de pontos cefalométricos tridimensionais em imagens a partir de TCFC, dessa forma foi possível a caracterização da amostra quanto as características esqueléticas.

Apesar do grande número de estudos publicados envolvendo avaliações volumétricas e morfológicas dos côndilos mandibulares, esse é o primeiro estudo que investigou semelhanças morfológicas entre o côndilo mandibular e outras regiões da mandíbula e maxila: sínfise mandibular e base craniana, em imagens de CBCT usando medidas lineares e volumétricas. A hipótese testada foi a seguinte: alguma medida linear ou volumétrica seria capaz de prever o volume condilar?

O teste de Pearson mostrou correlação moderada entre os volumes dos côndilos e os volumes de sínfise total ($r = 0,308$) e sínfise parcial ($r = 0,376$). Também apresentou correlação moderada com as médias lineares Pog-Pog '3D ($r = 0,375$) e Pog-Pog' AP ($r = 0,437$). A análise de regressão linear identificou as variáveis independentes que melhor predizem o volume condilar e mostrou que existe uma relação linear significativa entre o volume condilar e as medidas lineares ou volumétricas: sínfise total, sínfise parcial, Pog-Pog_L AP e Pog-Pog_L 3D ($p < .001$). Foram geradas duas equações para predição do volume condilar: Volume condilar = $1010,204 + 9,746 \times (\text{Sínfise parcial})$ e Volume condilar = $32,928 + 133,837 \times (\text{Pog- Pog AP})$. Essas equações poderão auxiliar aos clínicos a prever o volume de normalidade dos côndilos mandibulares, tornando-se possível a identificação de alterações no volume dos côndilos mandibulares acometidos por alterações patológicas.

6 CONCLUSÕES

6.1 Os volumes condilares não variam significativamente em diferentes padrões esqueléticos e entre os lados direito e esquerdo.

6.2 Existem correlações moderadas entre o volume condilar e a área da sínfise parcial da mandíbula, e entre o volume condilar e a medida linear correspondente a distância anteroposterior entre os pontos pogônio e pogônio lingual. Equações de regressão linear foram desenvolvidas para prever o volume condilar a partir dessas medidas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHN, M. S.; SHIN, S. M.; YAMAGUCHI, T.; MAKI, K. et al. Relationship between the maxillofacial skeletal pattern and the morphology of the mandibular symphysis: Structural equation modeling. *Korean J Orthod*, 49, n. 3, p. 170-180, May 2019.

AL-KOSHAB, M.; NAMBIAR, P.; JOHN, J. Assessment of condyle and glenoid fossa morphology using CBCT in South-East Asians. *PLoS One*, 10, n. 3, p. e0121682, 2015.

ALEXIOU, K.; STAMATAKIS, H.; TSIKLAKIS, K. Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 38, n. 3, p. 141-147, Mar 2009a.

ALEXIOU, K.; STAMATAKIS, H.; TSIKLAKIS, K. Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 38, n. 3, p. 141-147, Mar 2009b.

ALKHADER, M.; OHBAYASHI, N.; TETSUMURA, A.; NAKAMURA, S. et al. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for detecting osseous abnormalities of the temporomandibular joint and its correlation with cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 39, n. 5, p. 270-276, Jul 2010a.

ALKHADER, M.; OHBAYASHI, N.; TETSUMURA, A.; NAKAMURA, S. et al. Diagnostic performance of magnetic resonance imaging for detecting osseous abnormalities of the temporomandibular joint and its correlation with cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, 39, n. 5, p. 270-276, Jul 2010b.

ALTAN ŞALLI, G.; ÖZTÜRKMEN, Z. Semi-automated three-dimensional volumetric evaluation of mandibular condyles. *Oral Radiol*, 37, n. 1, p. 66-73, Jan 2021.

BACCETTI, T.; FRANCHI, L.; MCNAMARA, J. A. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod*, 72, n. 4, p. 316-323, Aug 2002.

BAYRAM, M.; KAYIPMAZ, S.; SEZGIN, O. S.; KÜÇÜK, M. Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography. *Eur J Radiol*, 81, n. 8, p. 1812-1816, Aug 2012.

BERCO, M.; RIGALI, P. H.; MINER, R. M.; DELUCA, S. et al. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136, n. 1, p. 17.e11-19; discussion 17-18, Jul 2009.

BJORK, A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. *J Dent Res*, 42(1)Pt 2, p. 400-411, 1963 Jan-Feb 1963.

CARUSO, S.; STORTI, E.; NOTA, A.; EHSANI, S. et al. Temporomandibular Joint Anatomy Assessed by CBCT Images. *Biomed Res Int*, 2017, p. 2916953, 2017.

CEVIDANES, L. H.; GOMES, L. R.; JUNG, B. T.; GOMES, M. R. et al. 3D superimposition and understanding temporomandibular joint arthritis. *Orthod Craniofac Res*, 18 Suppl 1, p. 18-28, Apr 2015.

CEVIDANES, L. H.; HAJATI, A. K.; PANIAGUA, B.; LIM, P. F. et al. Quantification of condylar resorption in temporomandibular joint osteoarthritis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 110, n. 1, p. 110-117, Jul 2010.

CEVIDANES, L. H.; RUELLAS, A. C.; JOMIER, J.; NGUYEN, T. et al. Incorporating 3-dimensional models in online articles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 147, n. 5 Suppl, p. S195-204, May 2015.

CEVIDANES, L. H.; WALKER, D.; SCHILLING, J.; SUGAI, J. et al. 3D osteoarthritic changes in TMJ condylar morphology correlates with specific systemic and local biomarkers of disease. *Osteoarthritis Cartilage*, 22, n. 10, p. 1657-1667, Oct 2014.

CEVIDANES, L. H.; WALKER, D. G.; STYNER, M.; LIM, P. F. CONDYLAR RESORPTION IN PATIENTS WITH TMD. *Craniofac Growth Ser*, 46, p. 147-157, Mar 2009.

CHANG, Y. J.; RUELLAS, A. C. O.; YATABE, M. S.; WESTGATE, P. M. et al. Soft Tissue Changes Measured With Three-Dimensional Software Provides New Insights for Surgical Predictions. *J Oral Maxillofac Surg*, 75, n. 10, p. 2191-2201, Oct 2017.

COLONNA, A.; MANFREDINI, D.; LOMBARDO, L.; MUSCATELLO, L. et al. Comparative analysis of jaw morphology and temporomandibular disorders: A three-dimension imaging study. *Cranio*, 38, n. 3, p. 158-167, May 2020.

DA SILVA, R. J.; VALADARES SOUZA, C. V.; SOUZA, G. A.; AMBROSANO, G. M. B. et al. Changes in condylar volume and joint spaces after orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 47, n. 4, p. 511-517, Apr 2018.

DAMSTRA, J.; FOURIE, Z.; HUDDLESTON SLATER, J. J.; REN, Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 137, n. 1, p. 16.e11-16; discussion 16-17, Jan 2010.

DE DUMAST, P.; MIRABEL, C.; CEVIDANES, L.; RUELLAS, A. et al. A web-based system for neural network based classification in temporomandibular joint osteoarthritis. *Comput Med Imaging Graph*, 67, p. 45-54, 07 2018.

DE VOS, W.; CASSELMAN, J.; SWENNEN, G. R. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 38, n. 6, p. 609-625, Jun 2009.

ENGELBRECHT, W. P.; FOURIE, Z.; DAMSTRA, J.; GERRITS, P. O. et al. The influence of the segmentation process on 3D measurements from cone beam computed tomography-derived surface models. *Clin Oral Investig*, 17, n. 8, p. 1919-1927, Nov 2013a.

ENGELBRECHT, W. P.; FOURIE, Z.; DAMSTRA, J.; GERRITS, P. O. et al. The influence of the segmentation process on 3D measurements from cone beam computed tomography-derived surface models. *Clin Oral Investig*, 17, n. 8, p. 1919-1927, Nov 2013b.

ENOMOTO, A.; WATAHIKI, J.; YAMAGUCHI, T.; IRIE, T. et al. Effects of mastication on mandibular growth evaluated by microcomputed tomography. *Eur J Orthod*, 32, n. 1, p. 66-70, Feb 2010.

FAN, W.; GAO, D.; WANG, Y.; CHEN, Y. et al. Three-dimensional measurement and analysis of mandibular characteristics in subjects with impacted mandibular second molars. *Orthod Craniofac Res*, 23, n. 3, p. 332-341, Aug 2020.

FARIÑA, R.; BRAVO, R.; VILLANUEVA, R.; VALLADARES, S. et al. Measuring the condylar unit in condylar hyperplasia: from the sigmoid notch or from the mandibular lingula? *Int J Oral Maxillofac Surg*, 46, n. 7, p. 857-860, Jul 2017.

FOURIE, Z.; DAMSTRA, J.; SCHEPERS, R. H.; GERRITS, P. O. et al. Segmentation process significantly influences the accuracy of 3D surface models derived from cone beam computed tomography. *Eur J Radiol*, 81, n. 4, p. e524-530, Apr 2012a.

FOURIE, Z.; DAMSTRA, J.; SCHEPERS, R. H.; GERRITS, P. O. et al. Segmentation process significantly influences the accuracy of 3D surface models derived from cone beam computed tomography. *Eur J Radiol*, 81, n. 4, p. e524-530, Apr 2012b.

FRAGA, M. R.; RODRIGUES, A. F.; RIBEIRO, L. C.; CAMPOS, M. J. et al. Anteroposterior condylar position: a comparative study between subjects with normal occlusion and patients with Class I, Class II Division 1, and Class III malocclusions. *Med Sci Monit*, 19, p. 903-907, Oct 2013.

GARCÍA-SANZ, V.; BELLOT-ARCÍS, C.; HERNÁNDEZ, V.; SERRANO-SÁNCHEZ, P. et al. Accuracy and Reliability of Cone-Beam Computed Tomography for Linear and Volumetric Mandibular Condyle Measurements. A Human Cadaver Study. *Sci Rep*, 7, n. 1, p. 11993, 09 2017.

GOMES, A. F.; NEJAIM, Y.; BRASIL, D. M.; GROPPA, F. C. et al. Assessment of Volume and Height of the Coronoid Process in Patients With Different Facial Types and Skeletal Classes: A Cone-Beam Computed Tomography Study. *J Oral Maxillofac Surg*, 73, n. 7, p. 1395.e1391-1395, Jul 2015.

GOMES, L. R.; CEVIDANES, L. H.; GOMES, M. R.; RUELLAS, A. C. et al. Counterclockwise maxillomandibular advancement surgery and disc repositioning: can condylar remodeling in the long-term follow-up be predicted? *Int J Oral Maxillofac Surg*, 46, n. 12, p. 1569-1578, Dec 2017.

GOMES, L. R.; GOMES, M.; JUNG, B.; PANIAGUA, B. et al. Diagnostic index of three-dimensional osteoarthritic changes in temporomandibular joint condylar morphology. *J Med Imaging (Bellingham)*, 2, n. 3, p. 034501, Jul 2015.

GOMES, L. R.; SOARES CEVIDANES, L. H.; GOMES, M. R.; CARLOS DE OLIVEIRA RUELLAS, A. et al. Three-dimensional quantitative assessment of surgical stability and condylar displacement changes after counterclockwise maxillomandibular advancement surgery: Effect of simultaneous articular disc repositioning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 154, n. 2, p. 221-233, Aug 2018.

GOULART, D. R.; MUÑOZ, P.; CANTÍN LÓPEZ, M. G.; DE MORAES, M. et al. Comparative Evaluation of Condylar Volume Between Patients With Unilateral Condylar Hyperplasia and Class III Dentofacial Deformity. *J Oral Maxillofac Surg*, 75, n. 1, p. 180-188, Jan 2017.

GYNTHER, G. W.; TRONJE, G. Comparison of arthroscopy and radiography in patients with temporomandibular joint symptoms and generalized arthritis. *Dentomaxillofac Radiol*, 27, n. 2, p. 107-112, Mar 1998a.

GYNTHER, G. W.; TRONJE, G. Comparison of arthroscopy and radiography in patients with temporomandibular joint symptoms and generalized arthritis. *Dentomaxillofac Radiol*, 27, n. 2, p. 107-112, Mar 1998b.

GYNTHER, G. W.; TRONJE, G.; HOLMLUND, A. B. Radiographic changes in the temporomandibular joint in patients with generalized osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 81, n. 5, p. 613-618, May 1996.

GÓMEZ, Y.; GARCÍA-SANZ, V.; ZAMORA, N.; TARAZONA, B. et al. Associations between mandibular symphysis form and craniofacial structures. *Oral Radiol*, 34, n. 2, p. 161-171, 05 2018.

GÖYMEN, M.; GÜLEÇ, A. Effects of the Vertical Malocclusion Types on the Dimension of the Mandibular Condyle. *Turk J Orthod*, 30, n. 4, p. 106-109, Dec 2017.

HE, Y.; LIN, H.; LIN, Q.; LU, L. et al. Morphologic changes in idiopathic condylar resorption with different degrees of bone loss. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 128, n. 3, p. 332-340, Sep 2019.

HONDA, K.; ARAI, Y.; KASHIMA, M.; TAKANO, Y. et al. Evaluation of the usefulness of the limited cone-beam CT (3DX) in the assessment of the thickness of the roof of the glenoid fossa of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol*, 33, n. 6, p. 391-395, Nov 2004.

HONEY, O. B.; SCARFE, W. C.; HILGERS, M. J.; KLUEBER, K. et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 132, n. 4, p. 429-438, Oct 2007.

HUSSAIN, A. M.; PACKOTA, G.; MAJOR, P. W.; FLORES-MIR, C. Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*, 37, n. 2, p. 63-71, Feb 2008a.

HUSSAIN, A. M.; PACKOTA, G.; MAJOR, P. W.; FLORES-MIR, C. Role of different imaging modalities in assessment of temporomandibular joint erosions and osteophytes: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*, 37, n. 2, p. 63-71, Feb 2008b.

ISHIBASHI, H.; TAKENOSHITA, Y.; ISHIBASHI, K.; OKA, M. Age-related changes in the human mandibular condyle: a morphologic, radiologic, and histologic study. *J Oral Maxillofac Surg*, 53, n. 9, p. 1016-1023; discussion 1023-1014, Sep 1995.

JIANG, Y. Y.; SUN, L.; WANG, H.; ZHAO, C. Y. et al. Three-dimensional cone beam computed tomography analysis of temporomandibular joint response to the Twin-block functional appliance. *Korean J Orthod*, 50, n. 2, p. 86-97, Mar 2020.

KANG, S. H.; KIM, Y. H.; WON, Y. J.; KIM, M. K. Novel three-dimensional position analysis of the mandibular foramen in patients with skeletal class III mandibular prognathism. *Imaging Sci Dent*, 46, n. 2, p. 77-85, Jun 2016.

KATAYAMA, K.; YAMAGUCHI, T.; SUGIURA, M.; HAGA, S. et al. Evaluation of mandibular volume using cone-beam computed tomography and correlation with cephalometric values. *Angle Orthod*, 84, n. 2, p. 337-342, Mar 2014.

KIM, J. J.; LAGRAVERE, M. O.; KAIPATUR, N. R.; MAJOR, P. W. et al. Reliability and accuracy of a method for measuring temporomandibular joint condylar volume. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, Aug 2020.

KIM, J. J.; NAM, H.; KAIPATUR, N. R.; MAJOR, P. W. et al. Reliability and accuracy of segmentation of mandibular condyles from different three-dimensional imaging modalities: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*, 49, n. 5, p. 20190150, Jul 2020a.

KIM, J. J.; NAM, H.; KAIPATUR, N. R.; MAJOR, P. W. et al. Reliability and accuracy of segmentation of mandibular condyles from different three-dimensional imaging modalities: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*, 49, n. 5, p. 20190150, Jul 2020b.

LIANG, X.; ZHANG, Z.; GU, J.; WANG, Z. et al. Comparison of micro-CT and cone beam CT on the feasibility of assessing trabecular structures in mandibular condyle. *Dentomaxillofac Radiol*, 46, n. 5, p. 20160435, Jul 2017.

LIN, M.; XU, Y.; WU, H.; ZHANG, H. et al. Comparative cone-beam computed tomography evaluation of temporomandibular joint position and morphology in female patients with skeletal class II malocclusion. *J Int Med Res*, 48, n. 2, p. 300060519892388, Feb 2020.

LO GIUDICE, A.; QUINZI, V.; RONSIVALLE, V.; FARRONATO, M. et al. Evaluation of Imaging Software Accuracy for 3-Dimensional Analysis of the Mandibular Condyle. A Comparative Study Using a Surface-to-Surface Matching Technique. *Int J Environ Res Public Health*, 17, n. 13, 07 2020.

LUDLOW, J. B.; DAVIES-LUDLOW, L. E.; BROOKS, S. L.; HOWERTON, W. B. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol*, 35, n. 4, p. 219-226, Jul 2006.

LUDLOW, J. B.; LASTER, W. S.; SEE, M.; BAILEY, L. J. et al. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 103, n. 4, p. 534-542, Apr 2007.

MA, Q.; BIMAL, P.; MEI, L.; OLLIVER, S. et al. Temporomandibular condylar morphology in diverse maxillary-mandibular skeletal patterns: A 3-dimensional cone-beam computed tomography study. *J Am Dent Assoc*, 149, n. 7, p. 589-598, Jul 2018.

MARGHALANI, H. Y. A.; BARAYAN, M. A.; ZAWAWI, K. H.; AFIFY, A. R. et al. 3D verification of volumetric measurements and relationships between the condyle and the rest of the mandible; a novel approach. *Folia Morphol (Warsz)*, Sep 2020.

MARTINEZ BLANCO, M.; BAGÁN, J. V.; FONS, A.; POVEDA RODA, R. Osteoarthritis of the temporomandibular joint. A clinical and radiological study of 16 patients. *Med Oral*, 9, n. 2, p. 110-115, 106-110, 2004 Mar-Apr 2004a.

MARTINEZ BLANCO, M.; BAGÁN, J. V.; FONS, A.; POVEDA RODA, R. Osteoarthritis of the temporomandibular joint. A clinical and radiological study of 16 patients. *Med Oral*, 9, n. 2, p. 110-115, 106-110, 2004 Mar-Apr 2004b.

MENDOZA, L. V.; BELLOT-ARCÍS, C.; MONTIEL-COMPANY, J. M.; GARCÍA-SANZ, V. et al. Linear and Volumetric Mandibular Asymmetries in Adult Patients With Different Skeletal Classes and Vertical Patterns: A Cone-Beam Computed Tomography Study. *Sci Rep*, 8, n. 1, p. 12319, 08 2018.

MÉNDEZ-MANJÓN, I.; HAAS, O. L.; GUIJARRO-MARTÍNEZ, R.; BELLE DE OLIVEIRA, R. et al. Semi-Automated Three-Dimensional Condylar Reconstruction. *J Craniofac Surg*, 30, n. 8, p. 2555-2559, 2019 Nov-Dec 2019.

NASCIMENTO FALCÃO, I.; CAL ALONSO, M. B. C.; DA SILVA, L. H.; LOPES, S. L. P. C. et al. 3D Morphology Analysis of TMJ Articular Eminence in Magnetic Resonance Imaging. *Int J Dent*, 2017, p. 5130241, 2017.

NGAN, P. W.; BYCZEK, E.; SCHEICK, J. Longitudinal evaluation of growth changes in Class II division 1 subjects. *Semin Orthod*, 3, n. 4, p. 222-231, Dec 1997.

NICOLIELO, L. F. P.; VAN DESSEL, J.; SHAHEEN, E.; LETELIER, C. et al. Validation of a novel imaging approach using multi-slice CT and cone-beam CT to follow-up on condylar remodeling after bimaxillary surgery. *Int J Oral Sci*, 9, n. 3, p. 139-144, 09 2017.

NOLTE, J. W.; VERHOEVEN, T. J.; SCHREURS, R.; BERGÉ, S. J. et al. 3-Dimensional CBCT analysis of mandibular asymmetry in unilateral condylar hyperplasia. *J Craniomaxillofac Surg*, 44, n. 12, p. 1970-1976, Dec 2016.

NOTA, A.; CARUSO, S.; EHSANI, S.; BALDINI, A. et al. Three-dimensional volumetric analysis of mandibular condyle changes in growing subjects: A retrospective cross-sectional study. *Cranio*, 38, n. 5, p. 320-326, Sep 2020.

OCAK, M.; SARGON, M. F.; ORHAN, K.; BILECENOĞLU, B. et al. Evaluation of the anatomical measurements of the temporomandibular joint by cone-beam computed tomography. *Folia Morphol (Warsz)*, 78, n. 1, p. 174-181, 2019.

OH, M. H.; CHO, J. H. The three-dimensional morphology of mandible and glenoid fossa as contributing factors to menton deviation in facial asymmetry-retrospective study. *Prog Orthod*, 21, n. 1, p. 33, Sep 2020.

PAKNAHAD, M.; SHAHIDI, S. Association between condylar position and vertical skeletal craniofacial morphology: A cone beam computed tomography study. *Int Orthod*, 15, n. 4, p. 740-751, 12 2017.

PAKNAHAD, M.; SHAHIDI, S.; AKHLAGHIAN, M.; ABOLVARDI, M. Is Mandibular Fossa Morphology and Articular Eminence Inclination Associated with Temporomandibular Dysfunction? *J Dent (Shiraz)*, 17, n. 2, p. 134-141, Jun 2016.

PANIAGUA, B.; CEVIDANES, L.; WALKER, D.; ZHU, H. et al. Clinical application of SPHARM-PDM to quantify temporomandibular joint osteoarthritis. *Comput Med Imaging Graph*, 35, n. 5, p. 345-352, Jul 2011.

PANIAGUA, B.; PASCAL, L.; PRIETO, J.; VIMORT, J. B. et al. Diagnostic Index: An open-source tool to classify TMJ OA condyles. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng*, 10137, Feb 2017.

PHAM, D. L.; XU, C.; PRINCE, J. L. Current methods in medical image segmentation. *Annu Rev Biomed Eng*, 2, p. 315-337, 2000.

RABIE, A. B.; HÄGG, U. Factors regulating mandibular condylar growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 122, n. 4, p. 401-409, Oct 2002.

RODRIGUES, A. F.; FRAGA, M. R.; VITRAL, R. W. Computed tomography evaluation of the temporomandibular joint in Class II Division 1 and Class III malocclusion patients: condylar symmetry and condyle-fossa relationship. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136, n. 2, p. 199-206, Aug 2009.

RUELLAS, A. C.; HUANCA GHISLANZONI, L. T.; GOMES, M. R.; DANESI, C. et al. Comparison and reproducibility of 2 regions of reference for maxillary regional registration with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 149, n. 4, p. 533-542, Apr 2016.

RUELLAS, A. C.; TONELLO, C.; GOMES, L. R.; YATABE, M. S. et al. Common 3-dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 149, n. 5, p. 645-656, May 2016.

SACCUCCI, M.; D'ATTILIO, M.; RODOLFINO, D.; FESTA, F. et al. Condylar volume and condylar area in class I, class II and class III young adult subjects. *Head Face Med*, 8, p. 34, Dec 2012a.

SACCUCCI, M.; D'ATTILIO, M.; RODOLFINO, D.; FESTA, F. et al. Condylar volume and condylar area in class I, class II and class III young adult subjects. *Head Face Med*, 8, p. 34, Dec 2012b.

SACCUCCI, M.; POLIMENI, A.; FESTA, F.; TECCO, S. Do skeletal cephalometric characteristics correlate with condylar volume, surface and shape? A 3D analysis. *Head Face Med*, 8, p. 15, May 2012.

SAFI, A. F.; KAUCHE, M.; GRANDOCH, A.; NICKENIG, H. J. et al. Age-Related Volumetric Changes in Mandibular Condyles. *J Craniofac Surg*, 29, n. 2, p. 510-513, Mar 2018a.

SAFI, A. F.; KAUCHE, M.; GRANDOCH, A.; NICKENIG, H. J. et al. Volumetric Analysis of 700 Mandibular Condyles Based Upon Cone Beam Computed Tomography. *J Craniofac Surg*, 29, n. 2, p. 506-509, Mar 2018b.

SCHILLING, J.; GOMES, L. C.; BENAVIDES, E.; NGUYEN, T. et al. Regional 3D superimposition to assess temporomandibular joint condylar morphology. *Dentomaxillofac Radiol*, 43, n. 1, p. 20130273, 2014.

SCHLUETER, B.; KIM, K. B.; OLIVER, D.; SORTIROPOULOS, G. Cone beam computed tomography 3D reconstruction of the mandibular condyle. *Angle Orthod*, 78, n. 5, p. 880-888, Sep 2008.

SCHMIDT, B. L.; POGREL, M. A.; NECOECHEA, M.; KEARNS, G. The distribution of the auriculotemporal nerve around the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 86, n. 2, p. 165-168, Aug 1998.

SERINDERE, G.; AKTUNA BELGIN, C.; SERINDERE, M. Volumetric and morphological analysis of condyle and glenoid fossa on computed tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 277, n. 9, p. 2581-2587, Sep 2020.

SHOUKRI, B.; PRIETO, J. C.; RUELLAS, A.; YATABE, M. et al. Minimally Invasive Approach for Diagnosing TMJ Osteoarthritis. *J Dent Res*, 98, n. 10, p. 1103-1111, 09 2019.

SHUKLA, S.; CHUG, A.; AFRASHTEHFAR, K. I. Role of Cone Beam Computed Tomography in Diagnosis and Treatment Planning in Dentistry: An Update. *J Int Soc Prev Community Dent*, 7, n. Suppl 3, p. S125-S136, Nov 2017.

SINGH, M.; DETAMORE, M. S. Biomechanical properties of the mandibular condylar cartilage and their relevance to the TMJ disc. *J Biomech*, 42, n. 4, p. 405-417, Mar 2009.

TALMACEANU, D.; LENGHEL, L. M.; BOLOG, N.; HEDESIU, M. et al. Imaging modalities for temporomandibular joint disorders: an update. *Clujul Med*, 91, n. 3, p. 280-287, Jul 2018.

TANAKA, E.; DETAMORE, M. S.; MERCURI, L. G. Degenerative disorders of the temporomandibular joint: etiology, diagnosis, and treatment. *J Dent Res*, 87, n. 4, p. 296-307, Apr 2008.

TECCO, S.; SACCUCCI, M.; NUCERA, R.; POLIMENI, A. et al. Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects. *BMC Med Imaging*, 10, p. 28, Dec 2010.

TORISU, T.; YAMADA, K.; FUKUI, T.; YAMAKI, M. et al. A cross-sectional study on the relationship between craniofacial morphology and the coronoid process. *Eur J Orthod*, 31, n. 6, p. 613-619, Dec 2009.

VARJANNE, I.; KOSKI, K. Cranial base, sagittal jaw relationship and occlusion. A radiological-craniometric appraisal. *Proc Finn Dent Soc*, 78, n. 4, p. 179-183, 1982.

VERHELST, P. J.; VERSTRAETE, L.; SHAHEEN, E.; SHUJAAT, S. et al. Three-dimensional cone beam computed tomography analysis protocols for condylar remodelling following orthognathic surgery: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 49, n. 2, p. 207-217, Feb 2020.

VITRAL, R. W.; TELLES, C. E. S. Computed tomography evaluation of temporomandibular joint alterations in class II Division 1 subdivision patients: condylar symmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 121, n. 4, p. 369-375, Apr 2002.

WEINBERG, L. A. Correlation of temporomandibular dysfunction with radiographic findings. *J Prosthet Dent*, 28, n. 5, p. 519-539, Nov 1972.

XI, T.; SCHREURS, R.; HEERINK, W. J.; BERGÉ, S. J. et al. A novel region-growing based semi-automatic segmentation protocol for three-dimensional condylar reconstruction using cone beam computed tomography (CBCT). *PLoS One*, 9, n. 11, p. e111126, 2014.

XI, T.; VAN LOON, B.; FUDALEJ, P.; BERGÉ, S. et al. Validation of a novel semi-automated method for three-dimensional surface rendering of condyles using cone beam computed tomography data. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 42, n. 8, p. 1023-1029, Aug 2013a.

XI, T.; VAN LOON, B.; FUDALEJ, P.; BERGÉ, S. et al. Validation of a novel semi-automated method for three-dimensional surface rendering of condyles using cone beam computed tomography data. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 42, n. 8, p. 1023-1029, Aug 2013b.

YAMADA, K.; TSURUTA, A.; HANADA, K.; HAYASHI, T. Morphology of the articular eminence in temporomandibular joints and condylar bone change. *J Oral Rehabil*, 31, n. 5, p. 438-444, May 2004.

YAMASHITA, F. C.; YAMASHITA, A. L.; ROMANICHEN, I. M. M.; TOLENTINO, E. S. et al. Three-dimensional evaluation of mandibular condyle and coronoid process according to sex, age, and skeletal deformities. *Cranio*, p. 1-6, Aug 2020.

YATABE, M.; GOMES, L.; RUELLAS, A. C.; LOPINTO, J. et al. Challenges in measuring angles between craniofacial structures. *J Appl Oral Sci*, 27, p. e20180380, Jun 2019.

YUSHKEVICH, P. A.; PIVEN, J.; HAZLETT, H. C.; SMITH, R. G. et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*, 31, n. 3, p. 1116-1128, Jul 2006a.

YUSHKEVICH, P. A.; PIVEN, J.; HAZLETT, H. C.; SMITH, R. G. et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*, 31, n. 3, p. 1116-1128, Jul 2006b.

YUSHKEVICH, P. A.; PIVEN, J.; HAZLETT, H. C.; SMITH, R. G. et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*, 31, n. 3, p. 1116-1128, Jul 2006c.

YUSHKEVICH, P. A.; PIVEN, J.; HAZLETT, H. C.; SMITH, R. G. et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*, 31, n. 3, p. 1116-1128, Jul 2006d.

ZAWARTKA, M.; WANG, J.; ZHENG, B. Three Basic Steps for Applying Digital Images to Oral and Facial Surgery. *Chin J Dent Res*, 19, n. 4, p. 185-189, 2016 2016.

ZHANG, Y. L.; SONG, J. L.; XU, X. C.; ZHENG, L. L. et al. Morphologic Analysis of the Temporomandibular Joint Between Patients With Facial Asymmetry and Asymptomatic Subjects by 2D and 3D Evaluation: A Preliminary Study. *Medicine (Baltimore)*, 95, n. 13, p. e3052, Mar 2016.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise morfológica comparativa do côndilo mandibular e outras estruturas maxilo-mandibulares em maloclusões classe I, II e III esqueléticas. Estudo em CBCT.

Pesquisador: ANA PAULA TENORIO DE SA PONTES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 39144320.4.0000.5257

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.451.444

Apresentação do Projeto:

Protocolo 299-20. Respostas recebidas em 16.11.2020.

As informações colocadas nos campos denominados "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo intitulado


"PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_ 1626332. _pdf", postado em 16/11/2020 .

Introdução:

A articulação têmporomandibular (ATM) é uma articulação diartroidal formada pela parte escamosa do osso temporal e o processo condilar da mandíbula. Interposto entre as citadas estruturas ósseas encontra-se o disco articular. E todos esses elementos são envolvidos por uma cápsula fibrosa e banhados por líquido sinovial (Alomar et al., 2007; Hedge, Praveen, Shietty, 2013; Molinari et al., 2007; Okeson, 2007; Tomas et al., 2006). A ATM é a única articulação do corpo que possui seu movimento guiado não só pelos ossos, músculos e ligamentos, como também pela oclusão dentária; e que, mesmo sendo bilateral, trabalha como apenas uma unidade funcional pois as articulações direita e esquerda estão unidas pela mandíbula e incapazes de funcionarem

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

**UFRJ - HOSPITAL
 UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
 FRAGA FILHO DA
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO
 RIO DE JANEIRO / HUCFF-
 UFRJ**



Continuação do Parecer: 4.451.444

exames de TCFC iniciais de pacientes atendidos na clínica de Ortodontia da UFRJ. Será realizada uma análise retrospectiva nos prontuários e nas imagens de um banco de dados, por meio de consulta à documentação já existente dos pacientes, sem a necessidade de nova exposição à radiação. Toda fase de obtenção dos dados será estabelecida por meio de códigos, de forma aleatória, impossibilitando a identificação dos mesmos. Seguindo os resultados do cálculo amostral realizado no programa Bioestat (versão 5.3), serão selecionadas imagens de 75 pacientes, os quais serão divididos de acordo com o valor do ângulo ANB, em três grupos distintos, com 25 pacientes cada. Grupo Controle: Classe I (0 ANB 4,5°), Grupo 1: Classe II (ANB > 4,5°) e Grupo 2: Classe III (ANB < 0°). Todos os exames tomográficos a serem utilizados foram obtidos no tomógrafo Kodak K9500® (Carestream Health, Rochester, USA) com Voxel (Volumetric Picture Element) de 0,3 mm, FOV de 18 cm x 20,6 cm e tempo de escaneamento de 10,8 segundos. Os pacientes foram posicionados de maneira padronizada, seguindo as linhas de orientação do aparelho. Os exames tomográficos selecionados serão salvos em arquivo DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) e armazenados em estação de trabalho independente no programa Dolphin Imaging System®, versão 11.7 Premium (Dolphin Imaging, Chatsworth, Califórnia, USA), do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da FO-UFRJ. **SEGMENTAÇÃO E ORIENTAÇÃO DO POSICIONAMENTO DA CABEÇA:** Será produzida uma segmentação semiautomática no Software ITKSNAP, utilizando métodos de contorno ativos para calcular as características das imagens, baseados no nível de intensidade do cinza e os limites das estruturas. Os limites serão ajustados em cada fase porque o ITK-SNAP permite o ajuste dos parâmetros para a detecção automática de intensidades e limites, bem como permite ao usuário editar contornos de forma interativa. Esses ajustes serão realizados para precisar as estruturas e regiões mais relevantes para o estudo, as quais serão verificadas por um único examinador de forma manual. O resultado final da segmentação será utilizado para construir modelos de superfície 3D, que serão analisados realizando avaliações quantitativas e qualitativas usando Slicer v4.4 (Um software aberto). Embora esforços sejam feitos para padronizar a posição da cabeça do paciente durante a aquisição da imagem, essa orientação não é suficiente para padronização das medições que o paciente apresentava durante a obtenção do exame. A orientação da cabeça será realizada pelo mesmo operador utilizando o programa gratuito 3D Slicer Versão 4.4 (<https://www.slicer.org>) seguindo uma técnica baseada nos 3 planos, como descrito por Ruellas em 2016. As amostras

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7° andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ



Continuação do Parecer: 4.451.444

independentemente uma da outra (Alomar et al., 2007). De maneira geral, todas as condições patológicas que envolvem a ATM causam alterações que se iniciam no tecido de recobrimento e podem progredir e envolver as superfícies ósseas. Os principais achados radiográficos são aplainamento, esclerose, formação de osteófitos, erosões, reabsorção do côndilo e da fossa articular e redução dos espaços articulares (ALEXIOU et al., 2009; FERRAZ JÚNIOR et al., 2012). No caso dos côndilos, as erosões, variando de pequenas lesões à completa ausência dessas regiões ósseas, são as segundas alterações degenerativas mais frequentemente percebidas nos exames radiográficos, ficando atrás somente dos aplainamentos (BERNI NETO et al., 2003; ALEXIOU et al., 2009; LARHEIN et al., 1981). O uso da tomografia computadorizada em estudos sobre a ATM significou um avanço significativo na pesquisa da morfologia dessas estruturas e no diagnóstico de patologias difíceis de identificar por radiografias convencionais (KATZBERG, 1989). Além disso, esse exame permite medições reais e precisas das estruturas em análise (KARL et al., 1995), além da possibilidade de utilização de diversas ferramentas, como o procedimento conhecido como segmentação de imagens. A segmentação é o processo que consiste em demarcar e identificar as estruturas anatômicas de interesse para a exploração. Assim, pode ser obtida a representação 3D dos tecidos moles e duros com delimitação precisa das estruturas (CEVIDANES et al., 2015; RUELLAS et al., 2016). Apesar de existirem estudos na literatura sobre morfologia e volume condilar de pacientes com deformidades dentofaciais (RODRIGUES et al., 2009; TECCO et al., 2010; BAYRAM et al., 2012; SACCUCCI et al., 2012), não foram encontrados estudos que comparassem a morfologia condilar com a morfologia de outras estruturas maxilo-mandibulares. O objetivo deste estudo será investigar semelhanças morfológicas entre o côndilo mandibular e outras estruturas da mandíbula e maxila em tomografias computadorizadas de feixe cônico de pacientes classe I, II e III esquelética, por meio de medidas lineares e volumétricas.

Hipótese:


Existe correlação morfológica entre volume do côndilo mandibular e outras estruturas da mandíbula e maxila.

Metodologia Proposta:

Será realizado estudo descritivo, observacional, onde serão avaliadas e mensuradas medidas angulares, lineares e mensurações de áreas em estruturas craniofaciais de pacientes Classes I, II e III esquelética. O projeto será submetido ao CEP do HUCFF, da UFRJ e o estudo será realizado em

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

**UFRJ - HOSPITAL
 UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
 FRAGA FILHO DA
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO
 RIO DE JANEIRO / HUCFF-
 UFRJ**



Continuação do Parecer: 4.451.444

serão orientadas no mesmo sistema de coordenadas 3D, obtendo-se uma orientação de cabeça padronizada. MARCAÇÃO DOS PONTOS NAS SEGMENTAÇÕES 3D: A marcação dos pontos será realizada através do programa ITK-SNAP. Todas as reconstruções multiplanares (RMP), bem como a reconstrução 3D da imagem e a ferramenta de visualização da segmentação nas reconstruções multiplanares serão utilizadas para melhor identificação e marcação dos pontos propostos para o estudo. Serão realizadas análises morfométricas nos côndilos mandibulares e outras estruturas maxilo-mandibulares consideradas estáveis: sínfise mandibular e e sela túrcica. As medidas lineares referentes às larguras da sela túrcica e sínfise mandibular levarão em consideração a maior largura antero-posterior dessas estruturas em segmentos de reconstruções 3D multiplanares. Serão também avaliados o volume condilar, bem como as dimensões antero-posterior e largura do côndilo da mandíbula.

Critério de Inclusão:

Para a inclusão na amostra os seguintes critérios deverão ser obedecidos: 1) Exames tomográficos em formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) com boa qualidade de imagem; 2) Exames tomográficos com tamanho de FOV abrangendo as estruturas que serão utilizadas na metodologia. Exames de TCFC iniciais de pacientes atendidos na clínica de Ortodontia da UFRJ.

Critério de Exclusão:

Os critérios de exclusão a serem utilizados envolverão pacientes sindrômicos (com aspectos detectáveis na imagem tomográfica), pacientes com sinais tomográficos de DTM, pacientes com tratamento ortodôntico prévio ou que tenham realizado ajuste oclusal recente, perdas dentárias precoces com migração ou agenesia dentária, doenças sistêmicas e doença periodontal.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: O objetivo desse estudo será avaliar, utilizando-se imagens de tomografia computadorizada, a morfometria do côndilo mandibular e a correlação do mesmo com outras estruturas da maxilo-mandibulares, em pacientes classe I, II e III esqueléticas. **Objetivo Secundário:** **Objetivo 1:** Realizar a análise morfométrica do côndilo mandibular descrevendo a posição de diferentes pontos anatômicos marcados na reconstrução volumétrica e verificar possíveis diferenças entre as diferentes Classes esqueléticas. **Objetivo 2:** Verificar possíveis

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ



Continuação do Parecer: 4.451.444

diferenças no comprimento e área da sínfise mandibular e sela túrcica nas diferentes Classes esqueléticas. Objetivo 3: Verificar uma possível correlação entre a morfometria do côndilo mandibular e no comprimento e/ou área da sínfise mandibular e sela túrcica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo a pesquisadora

Riscos: Os riscos dessa pesquisa são inerentes a qualquer procedimento de obtenção de imagens tomográficas ou convencionais, que já haviam sido realizados afim de diagnóstico e planejamento e acompanhamento do tratamento ortodôntico, e obedeceram todos os critérios de proteção, como uso de protetores de chumbo nas exposições às radiações ionizantes, sem oferecer efeitos colaterais, desconforto e contra-indicações. As doses de radiação para realizar o exame tomográfico foram mínimas. Uma vez que, os exames já foram realizados e estão nos arquivos da Clínica de Pósgraduação em Ortodontia da FO-UFRJ, a sua utilização evita expor novos pacientes a radiação. Outro risco seria a exposição dos dados dos pacientes que tiveram suas tomografias selecionadas, para evitar tal risco, apenas um operador irá realizar as medições e este avaliará os exames tomográficos diretamente do banco de dados dos computadores, sem acesso aos prontuários dos mesmos. Benefícios: Como benefício, a partir dos resultados deste estudo, os ortodontistas conhecerão melhor a correlação que existe entre estruturas maxilo - mandibulares e o côndilo mandibular.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma resposta ao parecer CEP no 4.387.939, datado em 09 de novembro de 2020.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide item "Conclusões ou Pendências e Listas de Inadequações".

Recomendações:

Vide item "Conclusões ou Pendências e Listas de Inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Lê-se no arquivo intitulado "carta_de_apresentacao_assinada.pdf", postado 07/10/2020: "Ademais, essa pesquisa resultará na elaboração de artigos científicos para futuras publicações." Diante do exposto, o CEP entende que se trata de uma linha de pesquisa. De acordo com o que se

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ



Continuação do Parecer: 4.451.444

lê à pág. 27 do Manual Operacional para Comitês de Ética em Pesquisa; 2007 (4.ª edição revista e atualizada; disponível em

https://conselho.saude.gov.br/biblioteca/livros/Manual_Operacional_miolo.pdf): "Também deve ser ressaltado que não são as propostas de linhas de pesquisa que deverão ir ao CEP e sim os projetos específicos, com seus respectivos protocolos, a serem desenvolvidos dentro dessas linhas ou programas".

Solicitam-se esclarecimentos

Resposta: A frase "Ademais, essa pesquisa resultará na elaboração de artigos científicos para futuras publicações" foi substituída pela frase "Esse estudo resultará na elaboração de um artigo científico referente à presente pesquisa". Os arquivos "carta_de_apresentacao_corrigida.doc" e "carta_de_apresentacao_corrigida_assinada.pdf" foram adicionados e contemplam essa modificação no texto.

Pendência atendida.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. De acordo com o item X.1.3.b, da Resolução CNS n. 466/12, o pesquisador deverá apresentar relatórios semestrais - a contar da data de aprovação do protocolo - que permitam ao Cep acompanhar o desenvolvimento dos projetos. Esses relatórios devem conter as informações detalhadas - naqueles itens aplicáveis - nos moldes do relatório final contido no Ofício Circular n. 062/2011:

<http://conselho.saude.gov.br/web_comissoes/conep/aquivos/conep/relatorio_final_encerramento.pdf>, bem como deve haver menção ao período a que se referem. Para cada relatório, deve haver uma notificação separada. As informações contidas no relatório devem ater-se ao período correspondente e não a todo o período da pesquisa até aquele momento.

2. Eventuais emendas (modificações) ao protocolo devem ser apresentadas de forma clara e sucinta, identificando-se, por cor, negrito ou sublinhado, a parte do documento a ser modificada, isto é, além de apresentar o resumo das alterações, juntamente com a justificativa, é necessário destacá-las no decorrer do texto (item 2.2.H.1, da Norma Operacional CNS nº 001 de 2013).

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ



Continuação do Parecer: 4.451.444

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1626332.pdf	16/11/2020 11:02:02		Aceito
Outros	Carta_resposta_ao_parecer.doc	16/11/2020 11:01:14	ANA PAULA TENORIO DE SA PONTES	Aceito
Outros	Carta_de_apresentacao_corrigida_assinada.pdf	14/11/2020 20:36:40	ANA PAULA TENORIO DE SA PONTES	Aceito
Outros	Carta_de_apresentacao_corrigida.doc	14/11/2020 20:35:35	ANA PAULA TENORIO DE SA PONTES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_assinada.pdf	14/11/2020 20:33:45	ANA PAULA TENORIO DE SA PONTES	Aceito
Outros	folha_de_rosto.pdf	10/10/2020 09:20:05	ANA PAULA TENORIO DE SA PONTES	Aceito
Outros	Apendice.doc	07/10/2020 23:26:11	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.doc	07/10/2020 23:25:40	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
Orcamento	Orcamento.doc	07/10/2020 23:25:27	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
Cronograma	Cronograma.doc	07/10/2020 23:25:05	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
Cronograma	Cronograma_assinado.pdf	07/10/2020 23:24:47	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
Outros	Link_curriculo_lattes_pesquisadores_documento	07/10/2020 23:24:22	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Justificativa_isencao_de_TCLE.doc	07/10/2020 23:23:45	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Justificativa_isencao_de_TCLE_assinado.pdf	07/10/2020 23:23:15	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_infraestrutura.doc	07/10/2020 23:22:39	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO / HUCFF-
UFRJ



Continuação do Parecer: 4.451.444

Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_da_instituicao.doc	07/10/2020 23:22:23	Ana Paula Tenório de Sá Pontes	Aceito
--	-------------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 09 de Dezembro de 2020

Assinado por:
Carlos Alberto Guimarães
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Prof. Rodolpho Paulo Rocco N°255, 7º andar, Ala E
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 21.941-913
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)3938-2480 **Fax:** (21)3938-2481 **E-mail:** cep@hucff.ufrj.br

