

Universidade do Brasil – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

ANÁLISE 3D DA MORFOLOGIA MAXILO-MANDIBULAR
EM INDIVÍDUOS COM DIFERENTES PADRÕES
DE CRESCIMENTO VERTICAL

Alyson de Souza Reis

CD

Dissertação 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 Mestre em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

– 2018 –

**ANÁLISE 3D DA MORFOLOGIA MAXILO-MANDIBULAR EM INDIVÍDUOS
COM DIFERENTES PADRÕES DE CRESCIMENTO VERTICAL**

ALYSON DE SOUZA REIS, CD

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, CD,MO, DO

**Dissertação 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 Mestre em Odontologia (Ortodontia).**

Comissão Examinadora:

Profª. Dra. Ana Maria Bolognese, CD

Prof. Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna, CD

Profª. Drª. Claudia Trindade Mattos, CD

Rio de Janeiro

2018

Ficha Catalográfica

REIS, Alyson de Souza

Análise 3D da morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2018.

xviii, 53 f.

Tese: Mestrado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Faculdade de Odontologia, 2018.

1. Morfologia Mandibular 2. Morfologia Maxilar

3. Tomografia computadorizada 4. Teses

Linha de Pesquisa: Avaliação do crescimento e do desenvolvimento da face e do aparelho mastigador.

Projeto: Morfologia mandibular em maloclusões verticais

Comitê de Ética Nº Permissão: Anexo (página 53)

DEDICO

A Deus,

pela concepção e oportunidade de dádiva da vida.

Aos meus pais Carlos Alberto Reis e Maria Helena Alves de Souza,

Aos quais sou eternamente grato pela bênção da vida e pelos incontáveis exemplos de ética e ensinamentos práticos dos valores morais. Bem como por seu amor e doação incondicional que fizeram eu chegar até aqui e marcaram minha existência.

A vocês meu eterno amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

As minhas irmãs **Adriana Souza Reis, Amanda de Souza Reis, Rayssa Adle Queiroz Reis** pela amizade, amor e companheirismo. A minha avó **Raimunda Claudino Alves** por seu amor, carinho, atenção e pelas incontáveis palavras de incentivo e força.

Aos meus queridos e amados amigos **Danielle Martins, Débora da Costa, Humberto Moller e Verena Cordeiro, Beth Longobardi e Lara Longobardi** pela amizade e parceria. Obrigado por compartilharem momentos tão importantes e tornarem a vida mais leve e prazerosa.

Aos Professores, **Amanda Carneiro da Cunha, Ana Maria Bolognese, Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, Eduardo Franzotti Sant'Anna, José Fernando Stangler Brazalle, José Vinicius Bolognesi Maciel, Lincoln Issamu Nojima, Liliane Siqueira de Moraes, Luciana Rougemont Squeff, Margareth Maria Gomes de Souza, Matilde da Cunha Gonçalves Nojima, Mônica Tirre de Souza Araújo** por todo conhecimento que me foi transmitido com excelência, tradição e rigor. Foi inspirador ver no dia a dia o amor com que os senhores têm pelo ensino da Ortodontia. Um agradecimento especial a professora **Mônica Tirre de Souza Araújo** e ao professor **Antônio Carlos de Oliveira Ruellas** pela companhia e caronas semanais durante os 2 anos de curso.

Ao meu orientador **Antônio Carlos de Oliveira Ruellas**, profissional e ser humano, a quem guardo imenso carinho, respeito e gratidão. Sua dedicação,

atenção e doação ao ensino e pesquisa são inspiradores e motivacionais, sempre estimulando e incentivando os alunos a serem melhores e alcançar voos inimagináveis. Obrigado pelos ensinamentos, confiança e disponibilidade. Foi uma honra ter a oportunidade de trabalhar com você.

À Professora, **Amanda Carneiro da Cunha**, por sua atenção e disponibilidade durante o curso e, principalmente, pela atenção, solicitude e disponibilidade em ajudar na realização deste trabalho.

Aos meus queridos colegas de turma **Flávio Copello, Katherine J. de C. M. P. Silver, Natan de Oliveira Guss, Sylvia de Araujo Paes Souza e Ursula Tavares Puetter**. Agradeço pela parceria, pelas lembranças e momentos vividos durante o curso. Em especial agradeço ao amigo-irmão **Natan de Oliveira Guss** que dividiu apartamento comigo, o que possibilitou a construção de uma amizade além curso. Obrigado pela parceria, pelas risadas e apoio.

As colegas da 51ª turma, **Anna Paula Nigri, Bárbara Pilla Tavares, Kelly Galisteu Luiz, Larine Ferreira Lira, Mariana Lago de Salles Brasil e Mirela Lemos de Queiróz Tavares** por todo conhecimento transmitido, por nos receberem bem, pela atenção e pelos momentos divertidos vividos dentro e fora do departamento.

Aos colegas da 53ª turma, **Bruna Caroline Tomé Barreto, Cecília Sued Leão, Eduardo Otero Amaral Vargas, Gonzalo Alejandro Muños Arias, Karoline de Melo Magalhães e Laura Borges** pelo companheirismo, momentos divertidos e troca de experiências. Em especial agradeço à **Karoline de Melo Magalhães** pela gentileza e pela companhia diária ao me dar carona todas as manhãs. Muito obrigado!

Aos alunos de doutorado, **Ana Paula Tenório de Sá, Alice Spitz, Fernanda Blaudt, Daniel Paludo Brunetto, Georgia Lau, Johnny de Gawn, Illana Oliveira, Pedro Lima Hemmerich, Jamilie Barros, Lilian Siqueira Lima** e **Carolina Starling** pelos momentos divertidos, conversas científicas e não científicas, atenção e ajuda quando precisei. Em especial à **Carolina Starling** pelas dicas e apoio durante a seleção da prova de Mestrado.

Ao aluno de pós-doutorado **Marcus Vinicius Neiva Nunes do Rego** pelo convívio e pelos conhecimentos passados para nós alunos do mestrado.

Aos **alunos da graduação** das turmas 2017/1 e 2017/2 que foram de extrema importância na minha formação como mestre. Foi um prazer dividir meus conhecimentos com vocês e colocar em prática a arte de lecionar.

Aos queridos **pacientes do Departamento de Ortodontia e Odontopediatria da UFRJ**, obrigado pelo carinho e momentos divertidos. Vocês foram essenciais na minha formação.

Aos funcionários **Diane Esteves de Souza Dores, Mônica Mello do Nascimento Gonçalves, Lais Monteiro e Vanilda Antônio Saturnino** por toda dedicação e carinho.

Ao professor **David Normando** que foi meu primeiro contato com a Ortodontia. Seu amor e dedicação à Ortodontia me motivou e fez eu ter certeza de que esse era o caminho que eu queria seguir na Odontologia

À professora **Carla Rufeill Moreira** por ter aberto as portas do programa de iniciação científica enquanto estava na graduação. Obrigado por sua amizade e por despertar em mim a paixão pela pesquisa.

Ao professor **Sávio Prado** que me apresentou essa Escola (família Orto-Fundão) que hoje, tenho tanto orgulho e gratidão em fazer parte.

As professoras da graduação **Cecy Martins, Eliane Alves, Lurdete Gauch e Sueli Kataoka**, que foram de diferentes maneiras especiais na minha formação como cirurgião-dentista.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pela bolsa de estudos concedida durante o curso.

“Gostaria de desejar tantas coisas, mas nada seria suficiente. Então, desejo apenas que você tenha muitos desejos. Desejos grandes. E que eles possam te mover a cada minuto, ao rumo da sua felicidade.”

Carlos D. De Andrade

RESUMO

REIS, Alyson de Souza. **Análise 3D da morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical**. Orientador: Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2018. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia). xviii, 54f.

O objetivo deste estudo foi comparar a morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical, por meio de modelos de superfície 3D. Foram avaliados 60 exames de TCFC de 30 homens e de 30 mulheres, entre 12 e 30 anos, divididos em 2 grupos, hipodivergente ($\leq 30^\circ$) e hiperdivergente ($\geq 35^\circ$), de acordo com o plano mandibular (PM). Modelos de superfície 3D foram gerados para avaliar estruturas do complexo maxilo-mandibular. O Teste T foi utilizado para comparar os grupos e o teste de correlação de Pearson foi utilizado para correlacionar o PM com as demais estruturas. Foi observado, diferenças significativas na largura condilar, altura do ramo, altura do côndilo+ramo, ângulo goníaco, ângulo da inclinação palatal e ângulo palatino-mandibular, entre os grupos. Forte correlação ($P < 0,05$) entre o ângulo do PM e estruturas do complexo maxilo-mandibular foi encontrada. Baseado nos resultados encontrados, pode-se concluir que indivíduos hipodivergentes ($\leq 30^\circ$) e hiperdivergentes ($\geq 35^\circ$), apresentam morfologia maxilo-mandibular diferentes. Variações extremas do ângulo do PM estão associadas às características morfológicas do côndilo, sínfise, ramo, ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular.

SUMMARY

REIS, Alyson de Souza. **Análise 3D da morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical**. Orientador: Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2018. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia). xviii, 54f.

The aim of this study was to compare maxillomandibular morphology in individuals with different types of vertical growth pattern, using 3D surface models. Were evaluated 60 CBCT exams (30 males, 30 females), between 12 and 30 years, divided into 2 groups, hypodivergent ($\leq 30^\circ$) and hyperdivergent ($\geq 35^\circ$), according to the mandibular plane angle (MP). 3D Models were generated to evaluate morphological structures of the maxillomandibular complex. Independent T test was used to compare groups. The Pearson correlation test was used ($P < 0.05$) to evaluate the correlation of MP angle with other structures. Significant differences were found in the condylar width, ramus height, condylar plus ramus high, 3D MP angle, gonial angle, palatal angle and mandibular-palatine angle, between groups. Strong correlation ($P < 0.05$) between MP angle and structures of the maxillomandibular complex was found. Based on the results, it can be concluded that hyperdivergent individuals ($PM \geq 35^\circ$) and hypodivergent ($PM \leq 30^\circ$), present different skeletal morphology. A small or high MP angle is associated with morphological characteristics of condyle, symphysis, ramus, gonial angle, palatal plane angle and mandibular palatal angle.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

3D	Tridimensional
ANOVA	Analysis of variance / Análise de Variância
B	Ponto B
CI	Classe I
CII	Classe II
CIII	Classe III
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBCT	Cone beam computed tomography
CLS	Ponto de maior convexidade da curvatura lingual da sínfise
Co	Condílio – Ponto mais superior do côndilo
CoP	Condílio Posterior - Ponto mais posterior do côndilo
CoM	Condílio Medial - Ponto de maior convexidade do pólo medial do côndilo
CoL	Condílio Lateral - Ponto de maior convexidade do pólo lateral do côndilo
CVS	Ponto de maior convexidade da curvatura vestibular da sínfise
DP	Desvio Padrão
DICOM	Digital Imaging and Communications in medicine
ENA	Ponto Espinha Nasal Anterior
ENP	Ponto Espinha Nasal Posterior
FAPERJ	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
FO	Faculdade de Odontologia
FOV	Field of View
Gipl.gz	Guys image processing lab.

Go	Ponto Gônio
Go-Gn	Linhs entre os pontos Gônio e Gnátio
Gn	Ponto Gnátio
HUCFF	Hospital Universitário Clementino fraga Filho
ICC	Intraclass Corretation Coeficient
Inc.	Incorporated
ITK-Snape	Software
KV	Kilovolt
MA	Miliampère
Me	Ponto Me
mm	Milímetro
Na	Ponto Násio
P	p-valor
PM	Plano mandibular
RMP	Reconstruções multiplanares
s	segundos
S	Ponto Sela
S-N	Linha entre os pontos Sela e Násio
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
Slicer	Software
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
SD	Standard deviation / desvio padrão
°	grau
α	nível de significância

%	Porcentagem
<	menor
>	maior
≥	Maior ou igual
≤	Menor ou igual

LISTA DE FIGURAS

DELINEAMENTO DA PESQUISA

- Figura 1** Tela do programa ITK-SNAP, mostrando as RCM (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) utilizadas para melhor identificação e marcação dos pontos. Imagem em verde refere-se à segmentação..... 12
- Figura 2** Modelo de superfície 3D (programa ITK-SNAP) evidenciando os pontos marcados, com cores diferentes, na mandíbula em azul claro (A - vista lateral e B – vista posterior), crânio em vermelho e maxila em azul escuro (C)..... 13
- Figura 3** Medidas angulares geradas pelo programa 3D Slicer, utilizando a ferramenta Q3DC..... 14
- Figura 4** Medidas lineares em A - visão lateral (altura do côndilo, ramo, palatal e largura da sínfise) e B (largura do côndilo), evidenciado projeções dos pontos de referência 3D em diversas dimensões (verticais, transversais, ântero posteriores)..... 14

ARTIGO

- Figura 1** Tela do programa ITK-SNAP, mostrando as RCM (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) utilizadas para melhor identificação e marcação dos pontos. Imagem em verde refere-se à segmentação..... 35
- Figura 2** Modelo de superfície 3D (programa ITK-SNAP) evidenciando os pontos marcados, com cores diferentes, na mandíbula em azul claro (A - vista lateral e B – vista posterior), crânio em vermelho e maxila em azul escuro (C)..... 36
- Figura 3** Medidas angulares geradas pelo programa 3D Slicer, utilizando a ferramenta Q3DC..... 36
- Figura 4** Medidas lineares em A - visão lateral (altura do côndilo, ramo, palatal e largura da sínfise) e B (largura do côndilo), evidenciado projeções dos pontos de referência 3D em diversas dimensões (verticais, transversais, ântero posteriores)..... 37

LISTA DE TABELAS**DELINEAMENTO DA PESQUISA**

Tabela I	Características estudadas e pontos marcados nas TCFC.....	11
-----------------	---	----

ARTIGO

Tabela I	Características estudadas e pontos marcados nas TCFC.....	38
-----------------	---	----

Tabela II	Análise descritiva das análises de variância e resultados do Teste T nos grupos hiperdivergente e hipodivergente para medidas lineares (mm).....	39
------------------	--	----

Tabela III	Análise descritiva das análises de variância e resultados do Teste T nos grupos hiperdivergente e hipodivergente para medidas angulares (°).....	39
-------------------	--	----

Tabela IV	Teste de correlação de Pearson evidenciando a relação entre o ângulo do PM 3D com as demais características e estruturas avaliadas.....	40
------------------	---	----

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	PROPOSIÇÃO.....	5
3	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	6
4	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	16
4.1	ARTIGO 1: Reis AS, Cunha AC, Cevidanes LHS, Rego MV, Visconti MA, Ruellas ACO. 3D ANALYSIS OF MAXILLOMANDIBULAR MORPHOLOGY IN INDIVIDUALS WITH DIFFERENT PATTERNS OF VERTICAL GROWTH. A ser submetido para publicação no periódico “American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics”.	
5	DISCUSSÃO.....	40
6	CONCLUSÃO.....	47
7	RECOMENDAÇÕES.....	48
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
9	ANEXO: parecer do Comitê de Ética.....	53

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento normal do complexo crâniofacial está relacionado com o crescimento de diversas unidades esqueléticas menores que exercem importante influência nesse processo (Björk, 1969; Skieller et al. 1984). Mudanças morfológicas em pontos específicos de estruturas como a mandíbula, maxila ou osso alveolar podem gerar alterações esqueléticas nas dimensões da face e maloclusões verticais (Ricketts, 1971; Steiner, 1953).

Fatores etiológicos como características individuais do crescimento, força muscular excessiva e presença de hábitos podem atuar evidenciando potencial influência no padrão de crescimento e na morfologia maxilo-mandibular (Björk, 1969; Isaacson, 1971; Nielsen, 1991).

Estudos genéticos apoiam a hereditariedade multifatorial das estruturas crâniofaciais e, conseqüentemente, essa herança pode explicar o tamanho das várias dimensões da face. No entanto, essa característica pode ser modificada por inúmeras influências ambientais e por mecanismos que controlam o crescimento, especialmente, em áreas de importante desenvolvimento, como o côndilo mandibular (Nielsen, 1991; Cangialosi, 1984; Nanda, 1988; Lai et al., 2000). Caso ocorra um desequilíbrio de maior magnitude, variações morfológicas ilimitadas podem ser introduzidas gerando algum tipo de desarmonia esquelética e/ou maloclusão (Nanda, 1988; Lai et al., 2000).

Indivíduos que apresentam alterações verticais no padrão de crescimento facial são classificados como hiperdivergentes e hipodivergentes, no qual, os primeiros apresentam ângulo do plano mandibular (PM) elevado, menor comprimento do ramo, maior altura facial anterior inferior e tendência a mordida

aberta. Por outro lado, indivíduos classificados como hipodivergentes apresentam ângulo do PM diminuído, maior comprimento do ramo, menor altura facial anterior inferior e tendência a sobremordida exagerada (Cangialosi, 1984; Isaacson et al., 1971; Blanchette et al., 1996).

O padrão de crescimento vertical tem importante influência na erupção dentária, pois o desenvolvimento do osso alveolar responde a diversos estímulos de fatores funcionais, definindo possíveis maloclusões dentárias (Ricketts, 1971; Steiner, 1953; Nielsen, 1991). No entanto, observa-se com relativa frequência na clínica ortodôntica, indivíduos que apresentam ângulo do PM elevado com sobremordida normal ou exagerada. O mesmo é encontrado em indivíduos com ângulo do PM diminuído que apresentam mordida em topo ou mordida aberta, evidenciando que compensações dentárias podem mascarar discrepâncias esqueléticas (Nielsen, 1991).

Alguns autores relataram associações com características dentárias, sugerindo que indivíduos hiperdivergentes apresentaram dentes posteriores com maior inclinação para vestibular, enquanto indivíduos hipodivergentes apresentaram maior inclinação para a lingual (Lai et al., 2000; Isaacson et al., 1971; Blanchette et al., 1996;). Em estudo recente Hwang et al. investigaram a relação entre o padrão de crescimento vertical com a inclinação dos molares e não encontrou nenhuma associação entre os grupos (Hwang et al., 2018).

Entre as estruturas do complexo crâniofacial, a mandíbula apresenta importante relevância no crescimento da face, influenciando significativamente no estabelecimento do equilíbrio e harmonia desse complexo (Björk, 1969; Skieller et al., 1984). Alterações em pontos anatômicos específicos do côndilo,

ramo e sínfise estão relacionadas com o estabelecimento de determinadas desordens esqueléticas (Björk, 1969; Skieller et al., 1984; Steiner, 1953).

Habets et al. avaliaram a altura do côndilo e ramo mandibular e detectaram uma relação entre alterações dessas estruturas com o estabelecimento de desordens craniomandibulares, evidenciando que o conhecimento anatômico dessas regiões é importante instrumento de diagnóstico (Habets et al., 1988). A técnica descrita pelos autores vem sendo utilizada para avaliar a altura do côndilo e do ramo mandibular em estudos mais recentes (Halicioglu et al, 2014; Al Taki et al., 2015 Celik et al., 2016).

Usando a técnica mencionada anteriormente Al Taki et al. realizaram avaliações da altura do côndilo e ramo mandibular em indivíduos com maloclusões ântero-posteriores (Classe I, II, e III) e compararam com indivíduos com oclusão normal, encontrando diferenças significativas entre os grupos. Os autores relataram o uso de radiografias bidimensionais como uma de suas limitações, uma vez que esses exames possuem limitações inerentes à técnica como sobreposição e magnificação das estruturas. Sendo assim, é recomendando que novos estudos sejam realizados por meio de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) a fim de proporcionar avaliação tridimensional do complexo maxilomandibular.

Conhecer as características morfológicas de indivíduos com alterações verticais é de extremo valor, pois discrepâncias verticais têm significativa influência no prognóstico e planejamento do tratamento ortodôntico (Swasty et al., 2011; Ha Y et al., 2014). Apesar de bem relatado, observa-se na literatura a necessidade de estudos tridimensionais avaliando a morfologia de estruturas

maxilo-mandibulares em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical. Desta forma, a TCFC mostra-se um importante exame, com comprovada precisão e acurácia para realização desses estudos (Baumgaertel et al., 2009; Moreira et al., 2009).

Por meio da TCFC é possível obter modelos de superfície 3D, no qual, pode-se avaliar, tridimensionalmente e de forma fidedigna todas as estruturas do complexo crâniofacial. Estudos vem mostrando a eficácia de avaliações realizadas através de modelos de superfície 3D, demonstrando ser essa uma ferramenta inovadora, com alta acurácia e que proporciona a realização de medidas em diversos planos do espaço. (Cevidanés 2009; Ruellas et al., 2016; Ruellas et al., 2016; Ruellas et al., 2016).

O objetivo do presente estudo foi comparar a morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical por meio de modelos de superfície 3D.

2 PROPOSIÇÃO

2.1 Avaliar se existe diferença entre estruturas maxilo-mandibulares de indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical (hiperdivergente e hipodivergente), através de modelos de superfície 3D.

2.2 Verificar se existe correlação entre o ângulo do PM e as demais estruturas avaliadas no estudo: altura do côndilo, altura do ramo, altura do côndilo + altura do ramo, largura do côndilo, largura da sínfise, comprimento da mandíbula, altura palatal, ângulo goníaco, ângulo de inclinação da sínfise, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular.

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

3.1 CASUÍSTICA

O material utilizado neste estudo foi composto por exames TCFC de pacientes matriculados para tratamento ortodôntico no 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 do Departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UFRJ (FO-UFRJ).

Com objetivo de definir o universo amostral foi realizado um cálculo utilizando a fórmula descrita por (Pandis, 2012), com referência em artigo prévio (Habets et al., 1988) que avaliou a altura do côndilo e ramo mandibular. Usando como base o referido estudo publicado, considerou-se o poder de teste de 80%, α de 0,05, diferença a ser detectada de 1,5 mm e desvio-padrão de 2,01 mm. O cálculo amostral revelou a necessidade de 30 indivíduos por grupo. Portanto, foram selecionados 60 exames de TCFC para a pesquisa, sendo 30 com ângulo do PM elevado e 30 com ângulo do PM diminuído.

O estudo abrangeu uma amostra com exames de indivíduos entre 12 a 30 anos de idade, de ambos os sexos, sem distinção de raça e com bom estado de saúde geral.

Este estudo foi previamente submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF) da UFRJ, tendo sido aprovado, segundo o parecer de número 2.227.593/2017 (Anexo 1, página 53).

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

Os exames de TCFC foram realizados no Departamento de Patologia e Diagnóstico Oral, no serviço de Radiologia da FO-UFRJ, Rio de Janeiro/RJ. Os exames 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 Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Mestrado em Ortodontia) da FO-UFRJ.

3.3 DIVISÃO DA AMOSTRA

Os seguintes critérios foram estabelecidos para inclusão na amostra:

- 1- Todos os dentes permanentes presentes (exceto terceiros molares);
- 2- Nenhum tipo de tratamento ortodôntico prévio;
- 3- Classe I e Classe II dentária;
- 4- Ausência de assimetria facial evidente.

A assimetria foi verificada tanto nas fichas de avaliação clínica quanto através de reconstruções tridimensionais, realizada pelo programa *Dolphin Imaging*[®], versão 11.7 Premium (Dolphin Imaging, Chatsworth, Califórnia, USA)

que mostram alta precisão, já comprovados para esse tipo de avaliação (Young et al., 2016).

Como critérios de exclusão, foram desconsiderados para participação no estudo, pacientes com:

- 1- Classe III dentária;
- 2- Trauma na Infância e adolescência;
- 3- Cirurgia envolvendo o complexo craniofacial;
- 4- Sinais e sintomas de disfunção temporomandibular;
- 5- Síndromes;
- 6- Patologia mandibular;
- 7- Desordens neuromuscular ou crâniofacial;
- 8- Tomografias que contenham artefatos.

O ângulo do PM foi utilizado como referência para definir o tipo de crescimento vertical (Schudy, 1964). A separação dos grupos foi realizada de acordo com os valores do ângulo PM (SN.GoGn) verificado na época que os exames de diagnóstico foram realizados. No presente estudo não foram levadas em consideração características dentárias, pois o objetivo foi identificar possíveis alterações de origem esquelética, independente de maloclusões verticais (sobremordida exagerada ou mordida aberta).

Após a obtenção dos exames, modelos de superfície 3D foram gerados a partir da TCFC e medições do ângulo do PM foram realizadas com o auxílio do programa gratuito 3D Slicer Versão 4.4 (<https://www.slicer.org>), para incluí-los nos grupos.

Grupo 1 - Indivíduos com do ângulo do PM alto (hiperdivergente), apresentando $SN.GoGn \geq 35^\circ$.

Grupo 2 - Indivíduos com ângulo do PM baixo (hipodivergente), apresentando $SN.GoGn \leq 30^\circ$.

3.4 SEGMENTAÇÃO E ORIENTAÇÃO DO POSICIONAMENTO DA CABEÇA 3D

Primeiramente os arquivos DICOM foram convertidos em arquivo “gipl.gz” (“*guys image processing lab*”) utilizando o programa gratuito ITK-SNAP Versão 2.2 (www.itksnap.org). 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.

Os procedimentos de segmentação semi-automática 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 semi-automática, 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 esses contornos interativamente.

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 e 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. 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 que 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.

3.5 MARCAÇÃO DOS PONTOS (LANDMARKS) NAS SEGMENTAÇÕES 3D

Os pontos selecionados e as estruturas morfológicas avaliadas estão descritas na tabela 1. A marcação dos pontos foi realizada através do programa ITK-SNAP. 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 (Figura 1).

Tabela I. Características estudadas e pontos marcados nas TCFC.

Variável	Descrição
Altura Côndilo (mm)	Distância entre os pontos Co (ponto mais superior do côndilo) e CoP (ponto mais posterior do côndilo). (Direito e Esquerdo).
Altura Ramo (mm)	Distância entre os pontos CoP (ponto mais posterior do côndilo) e Go (ponto Goníaco). (Direito e Esquerdo).
Altura Côndilo + Ramo (mm)	Distância entre os pontos Co (ponto mais superior do côndilo) e Go (ponto Goníaco). (Direito e Esquerdo).
Largura Côndilo (mm)	Distância entre os pontos CoL (ponto de maior convexidade do pólo lateral do côndilo) e CoM (ponto de maior convexidade do pólo medial do côndilo). (Direito e Esquerdo).
Largura Sínfise (mm)	Distância entre os pontos CVS (ponto de maior convexidade da curvatura vestibular da sínfise) CLS (ponto de maior convexidade da curvatura lingual da sínfise).
Comprimento mandibular (mm)	Distância entre os pontos GoM (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo) e Me (ponto Mento).
Altura Palatal (mm)	Distância entre os pontos S (ponto Sela) e ENP (ponto Espinha Nasal Posterior).
Ângulo do PM 3D (°)	Ângulo formado entre as linhas S-N (ponto Sela e ponto Násio) e GoM-Gn (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo e ponto Gnátio).
Ângulo Goníaco (°)	Ângulo formado entre as linhas Co-Go (ponto mais superior do côndilo e ponto Goníaco) e Go-Me (ponto Goníaco e ponto Mento). (Direito e Esquerdo).
Ângulo de Inclinação da Símfise (°)	Ângulo formado entre as linhas GoM-Me (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo e ponto Mento) e Me-B (ponto Mento e ponto B).
Ângulo do Plano Palatal (°)	Ângulo formado entre as linhas S-N (ponto Sela e ponto Násio) e ENA-ENP (ponto ENA e ponto ENP).
Ângulo Palatino.Mandibular (°)	Ângulo formado entre as linhas ENA-ENP (ponto ENA e ponto ENP) e GoM-Me (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo e ponto Mento).

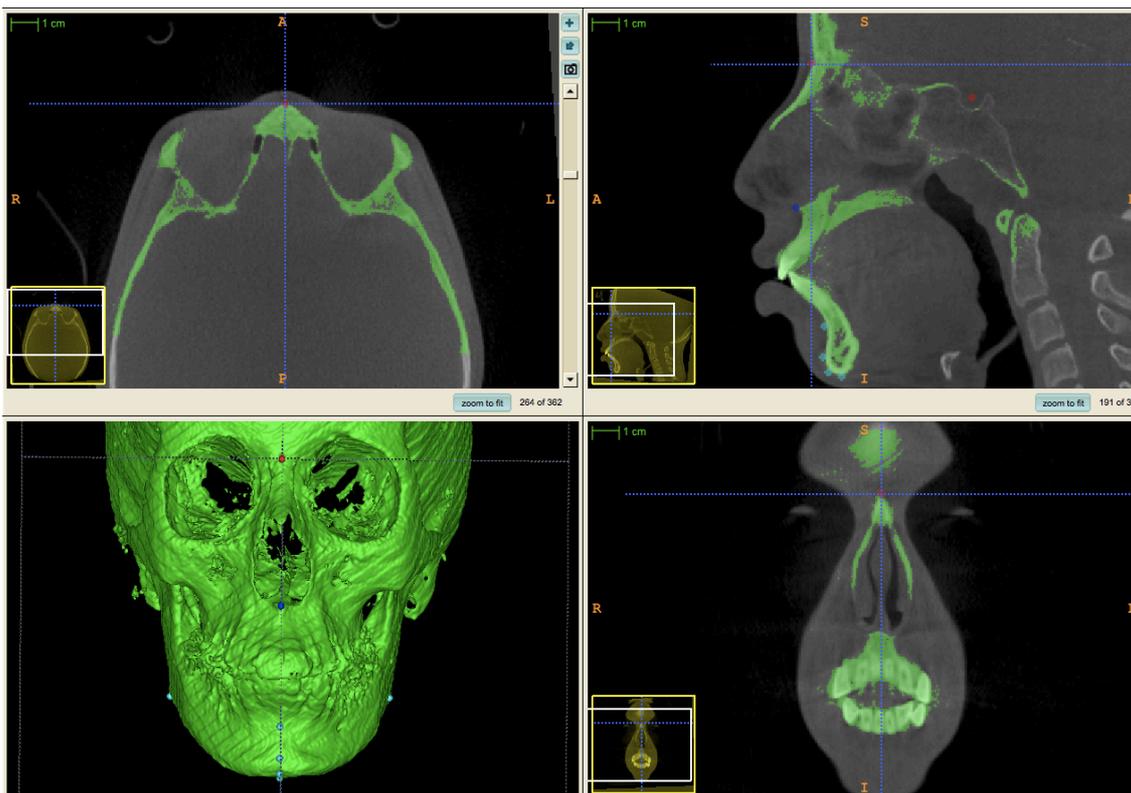


Figura 1. Interface do programa ITK-SNAP, evidenciando as RMP (axial, coronal, sagital e o modelo 3D) que foram utilizadas para melhor identificação e marcação dos pontos. Imagem em verde refere-se à segmentação.

Com exceção dos pontos mandibulares CoM e CoL que foram marcados no plano coronal, pois esse apresentava melhor visualização, 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.

Cores diferentes foram utilizadas para marcar os pontos em cada estrutura óssea, visando evitar incertezas durante a realização das medidas. Pontos da base do crânio foram marcados em vermelho, da maxila em azul escuro e da mandíbula em azul claro (Figura 2).

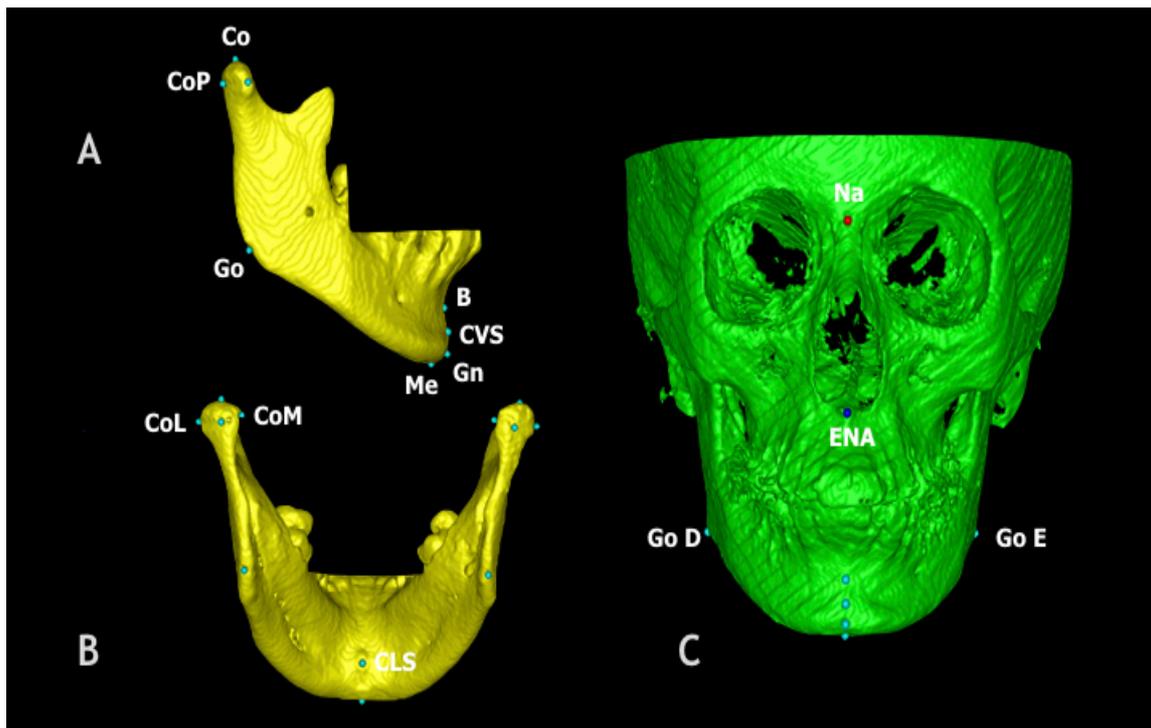


Figura 2. Modelo de superfície 3D (Programa ITK-SNAP) evidenciando os pontos marcados, com cores diferentes, na mandíbula em azul claro (A - vista lateral e B - vista posterior), crânio em vermelho e maxila em azul escuro(C).

3.6 REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS E OBTENÇÃO DOS DADOS

Após a obtenção do modelo 3D e marcação dos pontos no programa ITK-SNAP, as medidas foram realizadas através do programa gratuito 3DSlicer versão 4.4. Ao carregar o modelo no programa, pontos e modelo apresentavam-se com a mesma cor, desta forma as cores foram modificadas conforme descrito anteriormente, evitando confusão durante a realização das medidas.

A ferramenta Q3DC (Quantificação de Componentes 3D) foi utilizada para a realização das medidas (Figura 3). 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 ântero-posteriores, mesmo os pontos encontrando-se em planos diferentes (Figura 4).

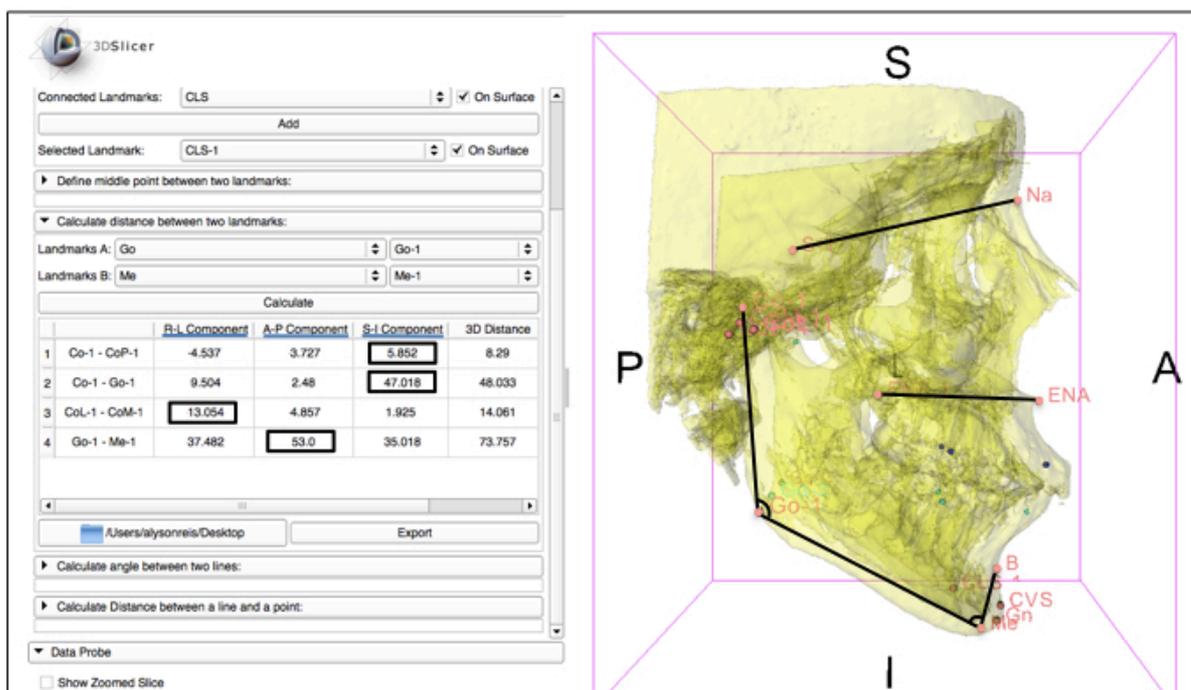


Figura 3. Medidas angulares geradas pelo programa 3DSlicer, utilizando a ferramenta Q3DC.

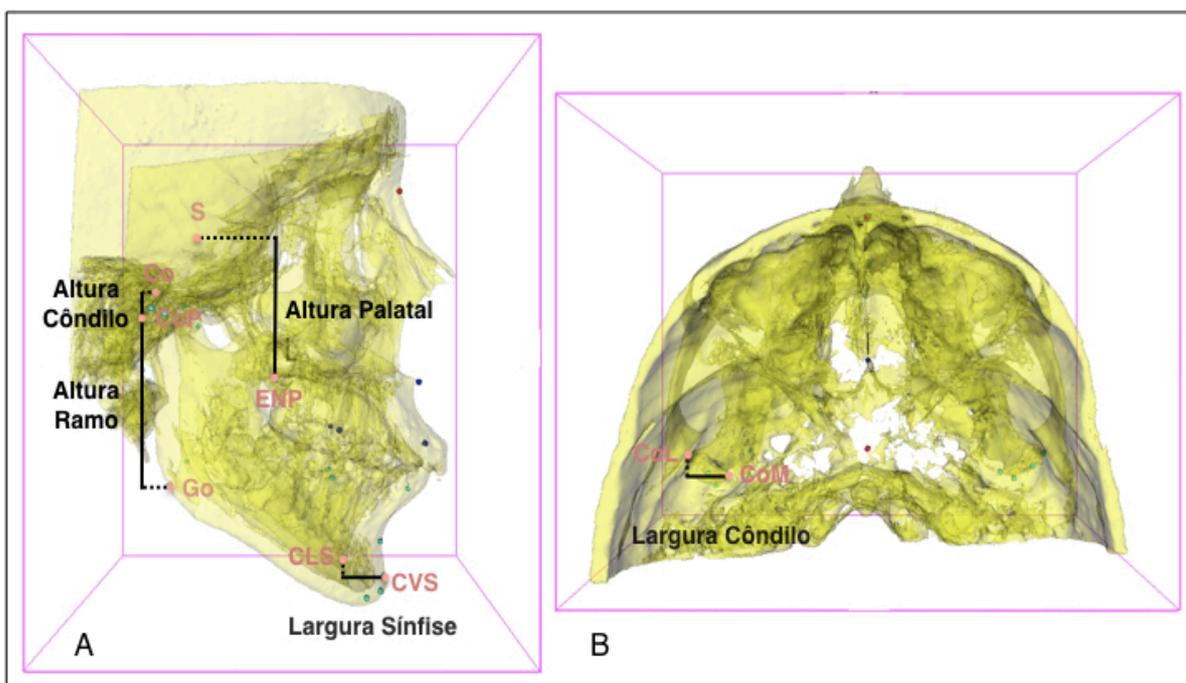


Figura 4. Medidas lineares em A – visão lateral (altura do côndilo, ramo, palatal e largura da sínfise). B - visão superior (largura do côndilo), evidenciado projeções dos pontos de referência 3D em diversas dimensões (verticais, transversais, ântero-posteriores).

A calibração do examinador (A.S.R.) e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10% da amostra. 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.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada por meio do programa Statistical Package for the Social Science (version 18.0, SPSS Inc., EUA). Normalidade e homogeneidade foram verificadas com os testes de Shapiro-Wilk e Levene. Uma vez que a distribuição normal e a homogeneidade dos resultados foram certificadas, o teste T independente foi usado para fazer as comparações intergrupos (hiperdivergente e hipodivergente). O teste de correlação de Pearson foi aplicado para verificar as relações correlacionais entre o ângulo do PM e as demais características morfológicas avaliadas. Em todas as análises o nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 ARTIGO 1

Reis AS, Cunha AC, Cevidanes LHS, Rego MV, Visconti,MA, Ruellas ACO. 3D ANALYSIS OF MAXILLOMANDIBULAR MORPHOLOGY IN INDIVIDUALS WITH DIFFERENT PATTERNS OF VERTICAL GROWTH. A ser submetido para publicação no periódico “American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics”.

ARTIGO 1

3D ANALYSIS OF MAXILLOMANDIBULAR MORPHOLOGY IN INDIVIDUALS WITH DIFFERENT PATTERNS OF VERTICAL GROWTH

Reis AS, Cunha AC, Cevidanes LHS, Rego MV, Visconti, MA, Ruellas ACO.

Alyson de Souza Reis ^a, Amanda Carneiro da Cunha ^b, Lucia Helena Soares

Cevidanes ^c, Marcus Vinicius do Rego ^d, Maria Augusta Visconti ^e, Antônio

Carlos de Oliveira Ruellas ^{b,c}.

^a Master Student, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

^b Associate Professor, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

^c Associate Professor, Department of Pediatric Dentistry and Orthodontics, University of Michigan, USA.

^d Associate Professor, Department of Orthodontics, Centro Universitário Uninovafapi, Brazil.

^e Adjunct Professor, Department of Oral Pathology and Diagnosis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

Corresponding Author: Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, Department of Pediatric and Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil (UFRJ), Avenida Professor Rodolpho Rocco, 325, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 21941-617. Email: antonioruellas@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar a morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical, por meio de modelos de superfície 3D. **Métodos:** Foram avaliados 60 exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (30 homens, 30 mulheres), entre 12 e 30 anos, divididos em 2 grupos, hipodivergente ($\leq 30^\circ$) e hiperdivergente ($\geq 35^\circ$), de acordo com o ângulo do plano mandibular (PM). Reconstruções multiplanares foram usadas para marcação dos pontos. Modelos de superfície 3D foram gerados para avaliar estruturas morfológicas do complexo maxilo-mandibular. Comparações intergrupos foram realizadas através do teste T independente. O teste de correlação de Pearson foi utilizado ($\alpha = 0,05$) para avaliar a correlação entre ângulo do PM com as demais estruturas avaliadas. **Resultados:** Foram observadas, diferenças significativas, na largura condilar, altura do ramo, altura do côndilo+ramo, ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular, entre os grupos. Não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) na altura condilar, largura e inclinação da sínfise e altura palatal. Forte correlação ($P < 0,05$) entre o ângulo do PM e algumas estruturas do complexo maxilo-mandibular foi encontrada. **Conclusão:** Indivíduos hipodivergentes ($\leq 30^\circ$) e hiperdivergentes ($\geq 35^\circ$), apresentaram morfologia maxilo-mandibular diferentes. Variações extremas do ângulo do PM estão associadas às características morfológicas do côndilo, sínfise, ramo, ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular.

PALAVRAS-CHAVES: morfologia mandibular, padrão de crescimento vertical, Modelos 3D, tomografia computadorizada.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento normal do complexo crâniofacial está relacionado com o crescimento de diversas unidades esqueléticas menores que exercem importante influência nesse processo ^{1,2}. Mudanças morfológicas em pontos específicos de estruturas como a mandíbula, maxila ou osso alveolar podem gerar alterações esqueléticas nas dimensões da face e maloclusões verticais^{3,4}.

Estudos genéticos apoiam a hereditariedade multifatorial das estruturas crâniofaciais. No entanto, essa característica pode ser modificada por inúmeras influências ambientais como presença de hábitos, força muscular excessiva e por mecanismos que controlam o crescimento, especialmente, em áreas de importante desenvolvimento, como o côndilo mandibular ⁵⁻⁷. Assim, variações morfológicas podem ser introduzidas gerando desarmonias esqueléticas e/ou maloclusão ^{8,9}.

Indivíduos que apresentam ângulo do plano mandibular (PM) elevado são classificados como hiperdivergentes e tendem a apresentar menor comprimento do ramo, maior altura facial anterior inferior e tendência à mordida aberta. Por outro, indivíduos que apresentam ângulo do PM diminuído, são classificados como hipodivergentes, apresentando maior comprimento do ramo, menor altura facial anterior inferior e tendência à sobremordida exagerada ^{5,7,10}.

Observa-se com relativa frequência na clínica ortodôntica indivíduos hiperdivergentes com sobremordida exagerada e indivíduos hipodivergentes com mordida em topo ou mordida aberta, evidenciando que compensações dentárias podem mascarar discrepâncias esqueléticas ⁶.

Conhecer as características morfológicas de indivíduos com alterações verticais é de extremo valor, pois discrepâncias verticais têm significativa influência no prognóstico e planejamento do tratamento ortodôntico^{11,12,13}. Apesar de bem relatado, observa-se na literatura a necessidade de estudos tridimensionais avaliando a morfologia de estruturas maxilo-mandibulares em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical. Desta forma, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) mostra-se um importante exame, com comprovada precisão e acurácia, para realização desses estudos^{14,15}.

Por meio da TCFC é possível obter modelos de superfície 3D, no qual, pode-se avaliar, tridimensionalmente, as estruturas do complexo crânio-facial. Estudos vem mostrando a eficácia de avaliações realizadas através de modelos de superfície 3D, demonstrando-se uma ferramenta inovadora, com alta acurácia e que proporciona a realização de medidas em diversos planos do espaço¹⁶⁻¹⁹.

O objetivo do presente estudo foi comparar a morfologia maxilo-mandibular em indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical por meio de modelos de superfície 3D.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ângulo do PM (SN.GoGn) foi utilizado como referência²⁰ para definir o tipo de crescimento vertical e a separação dos grupos. Com objetivo de definir o universo amostral foi realizado um cálculo amostral com fórmula descrita em trabalho prévio²¹ baseado em um estudo similar ao nosso²². A amostra foi composta de 60 exames de TCFC (30 homens e 30 mulheres), sendo 30 com ângulo do PM elevado ($\geq 35^\circ$) e 30 com ângulo do PM diminuído ($\leq 30^\circ$). O

estudo abrangeu indivíduos entre 12 a 30 anos de idade, de ambos os sexos e sem distinção de raça, com bom estado de saúde geral. Modelos de superfície 3D foram gerados a partir da TCFC e com auxílio do programa gratuito 3D Slicer Versão 4.4 (<https://www.slicer.org>), foram realizadas medições do ângulo do PM (SN.GoGn) para incluí-los nos grupos. Os exames de TCFC pertenciam ao Departamento de Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

No presente estudo não se levou em consideração o overbite, pois o objetivo foi identificar variações morfológicas de origem esquelética, entre os grupos, independente de maloclusões dentárias verticais (sobremordida exagerada ou mordida aberta). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital universitário Clementino Fraga Filho - UFRJ (2.227.593/2017).

As imagens foram selecionadas utilizando os seguintes critérios de inclusão: (1) presença de todos os dentes permanentes presentes (exceto terceiros molares), (2) nenhum tratamento ortodôntico prévio, (3) Classe I e Classe II dentária e (4) ausência de assimetria facial evidente. A assimetria foi verificada nas fichas de avaliação clínica e usando o programa *Dolphin Imaging*® versão 11.7 Premium (Dolphin Imaging, Chatsworth, Califórnia, USA)²³.

Os critérios de exclusão, foram: (1) Classe III dentária, (2) trauma na infância e adolescência, (3) cirurgia envolvendo o complexo crâniofacial, (4) disfunção temporomandibular, (5) síndromes, (6) patologia mandibular e (7) tomografias com artefatos.

O programa gratuito ITK-SNAP Versão 2.2 (www.itksnap.org) foi utilizado para converter os arquivos DICOM em “gipl.gz” (“guys image

processing lab”) e para gerar as segmentações dos arquivos de imagens. Mapas volumétricos 3D (segmentações) da base craniana, maxila e mandíbula foram gerados.

Os procedimentos de segmentação semi-automática 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 semi-automática, cada imagem escaneada foi ajustada por um avaliador experiente, utilizando a ferramenta *threshold* (limite de intensidade), uma vez que o ITK-SNAP permite que o usuário edite esses contornos interativamente.

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. Embora esforços sejam feitos para padronizar a posição da cabeça do paciente durante a aquisição da imagem, esta orientação não é suficiente para a padronização das medições. As imagens foram orientadas e posicionadas utilizando o programa gratuito 3D Slicer Versão 4.4 (<https://www.slicer.org>), seguindo a técnica baseada nos 3 planos, isto é, axial, coronal e sagital como descrito em estudo prévio¹⁷. Os planos utilizados foram: Plano Horizontal de Frankfurt, Plano Transporiônico e Plano Sagital.

Um sistema fixo de coordenadas 3D é exibido pelo programa 3D Slicer que serviu como referência para orientar todos os modelos 3D. As amostras foram orientadas no mesmo sistema, obtendo-se uma padronização do posicionamento da cabeça.

Os pontos selecionados e as estruturas morfológicas avaliadas estão descritas na Tabela 1. A marcação dos pontos foi realizada através do programa ITK-SNAP. Todas as reconstruções multiplanares (RMP), em visão axial, coronal, sagital e 3D, bem como a ferramenta de visualização da segmentação (*overall label opacity*) foram utilizadas para melhor identificação e marcação dos pontos propostos para o estudo (Figura 1).

Com exceção dos pontos mandibulares CoM e CoL que foram marcados no plano coronal, pois esse apresentava melhor visualização, todos os outros pontos foram marcados no plano sagital, utilizando sempre todas as RMP como auxiliares para melhor identificação das estruturas.

Visando evitar imprecisões durante a realização das medidas os pontos foram marcados com cores diferentes. Pontos da base do crânio em vermelho, maxila em azul escuro e mandíbula em azul claro (Figura 2).

As medidas foram realizadas através do programa gratuito 3D Slicer Versão 4.4. A ferramenta Q3DC (Quantificação de Componentes 3D) foi utilizada para a realização das medidas (Figura 3). Ao selecionar os pontos e escolher a medida desejada o programa decompunha, automaticamente, as distâncias entre as projeções dos pontos de referência 3D no sistema de coordenadas x, y e z. É feito a quantificação das diferenças direcionais em cada plano do espaço e são geradas medidas verticais, transversais e ântero-posteriores, mesmo os pontos encontrando-se em planos diferentes (Figura 4).

A confiabilidade das medidas e a calibração do examinador foi avaliada em 10% da amostra, com intervalo de 2 semanas, por meio do Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada no programa Statistical Package for the Social Science (version 18.0, SPSS Inc., EUA). Normalidade e homogeneidade foram verificadas com os testes de Shapiro-Wilk e Levene. Uma vez que a distribuição normal e a homogeneidade dos resultados foram certificadas, o teste t-independente foi usado para fazer as comparações intergrupos (hiperdivergente e hipodivergente). O teste de correlação de Pearson foi aplicado para verificar as relações correlacionais entre o ângulo do PM e as demais características morfológicas avaliadas. Em todas as análises o nível de significância adotado foi de 5%.

RESULTADOS

A Tabela II evidencia as médias e o desvio padrão de medidas lineares realizadas entre os grupos, avaliando as características e estruturas morfológicas analisadas. Os resultados demonstraram que o grupo hipodivergente apresentou maior altura condilar ($6,94 \pm 1,18\text{mm}$) ($P > 0,05$) que o hiperdivergente, bem como mostrou valores significativamente maiores na altura do ramo ($49,88 \pm 5,58\text{ mm}$), altura do côndilo+ramo ($56,77 \pm 5,97\text{mm}$), largura do côndilo ($17,45 \pm 3,50\text{mm}$) e comprimento mandibular ($66,73 \pm 5,16\text{mm}$) comparados ao grupo hiperdivergente.

A Tabela III evidencia as médias e o desvio padrão das medidas angulares realizadas entre os grupos. O grupo hiperdivergente apresentou medidas angulares significativamente maiores no ângulo goníaco ($123,45 \pm 3,09^\circ$), ângulo do plano palatal ($8,7 \pm 3,26^\circ$) e ângulo palatino-mandibular ($32,16 \pm 4,42^\circ$) quando

comparado ao grupo hipodivergente. Apenas o ângulo de inclinação da sínfise mandibular não apresentou diferenças significantes entre os grupos.

A Tabela IV evidencia a correlação entre o ângulo do PM 3D e as demais características avaliadas, entre todos os indivíduos. Observou-se forte correlação entre o ângulo do PM 3D com a altura do ramo ($r = -0,404$), altura do côndilo + ramo ($r = -0,387$), largura do côndilo ($r = -0,469$), largura da sínfise ($r = -0,298$), comprimento mandibular ($r = -0,438$), ângulo goníaco ($r = 0,557$), ângulo de inclinação da sínfise ($r = -0,287$), ângulo do plano palatal ($r = 0,323$) e ângulo palatino-mandibular ($r = 0,783$) ($P < 0,05$).

No presente estudo foram incluídos indivíduos sem assimetrias evidentes, desta forma, nas avaliações das medidas bilaterais foi realizado a média, pois, não houve diferença nos resultados, entre os lados direito e esquerdo.

DISCUSSÃO

Este foi o primeiro estudo que avaliou, em modelos de superfície 3D, características morfológicas de indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical. Percebe-se a necessidade de mais estudos, pois avaliações 3D permitem melhor visualização tridimensional das estruturas e maior precisão na realização de medidas em diversos planos^{17,18}.

Visando evitar possíveis erros durante a marcação dos pontos foram utilizadas como referência todas as reconstruções multiplanares no programa ITK-SNAP. Somente após a obtenção das segmentações com os pontos marcados nas RMP, os modelos 3D foram gerados para realização das medições. O programa gera medidas baseadas num sistema de coordenadas

nos eixos x, y e z, oferecendo informações mais precisas quanto a localização das estruturas no espaço¹⁷.

A média dos valores encontrados, em milímetros, da altura condilar não mostrou diferenças, significantes, entre o grupo hipodivergente ($6,94 \pm 1,18$ mm) quando comparado ao grupo hiperdivergente ($6,60 \pm 0,84$ mm). Resultados semelhantes foram encontrados em estudo publicado por Celik et al²⁴ avaliando a altura do côndilo, ramo e côndilo+ramo em indivíduos hipodivergentes, normodivergentes e hiperdivergentes através de TCFC. Os autores não encontraram também diferenças entre homens e mulheres.

Nas avaliações da altura do ramo e altura do côndilo+ramo, o grupo hipodivergente apresentou maiores valores ($P < 0,05$) em relação ao grupo hiperdivergente, concordando com os achados de Celik et al²⁴. Os mesmos autores relataram ainda que encontraram os maiores e menores valores do ramo no grupo hipodivergente. No presente estudo o valor mais alto do ramo foi encontrado no grupo hipodivergente (74,4mm), porém, o mais baixo foi encontrado no grupo hiperdivergente (43,4mm).

Na avaliação da altura condilar utilizou-se a metodologia descrita por Habets et al²², que vem sendo aplicada por outros autores^{25,26}, na qual, a altura condilar foi definida como a distância vertical entre o ponto mais superior e o ponto mais posterior do côndilo. Devido ao fato de não avaliar a altura total da cabeça do côndilo, a diferença da altura condilar entre os grupos hiperdivergentes e hipodivergentes pode não ter sido evidente, visto que o côndilo é uma estrutura pequena e a medida realizada foi menor que a altura total.

A largura condilar, nos indivíduos hipodivergentes ($17,45 \pm 3,50$ mm) foi significativamente maior que nos hiperdivergentes ($15,65 \pm 1,68$). Björk¹ relatou que indivíduos hipodivergentes apresentam crescimento condilar, predominantemente, vertical. Como o côndilo é uma área de intenso crescimento da mandíbula acredita-se que pode haver também um maior crescimento no sentido lâtero-lateral nos indivíduos hipodivergentes. Outro fator que pode explicar esse achado é a diferença de força muscular exercida entre indivíduos hiperdivergentes e hipodivergentes²⁷⁻²⁹. O padrão esquelético hiperdivergente apresenta baixa atividade muscular²⁹.

Bakke et al²⁸ relatou uma relação inversa entre a morfologia esquelética vertical e o comprimento do masséter. Os músculos mastigatórios podem ter forte influência na morfologia maxilofacial vertical e na força oclusal^{30,31}. Dessa forma, supõe-se que a maior largura do côndilo em indivíduos hipodivergentes pode estar relacionada a necessidade de haver uma estrutura condilar mais forte e resistente capaz de suportar as forças mastigatórias que são maiores nesses indivíduos.

O ângulo do PM e ângulo goníaco podem tornar-se maiores quando as suturas faciais e o crescimento alveolar crescem, exageradamente, no sentido vertical, sobrepondo o crescimento condilar e com conseqüente rotação anti-horária da mandíbula. Se o crescimento condilar for maior que o crescimento das suturas faciais e o osso alveolar, ocorrerá rotação horária da mandíbula diminuindo o ângulo do PM e ângulo goníaco¹. Os achados do presente estudo corroboram essas afirmações: menor altura côndilo+ramo ($P < 0,05$) no grupo hiperdivergente que no hipodivergente, influenciando no ângulo do PM e ângulo

goníaco. Houve forte correlação entre a altura cômulo+ramo e o ângulo do PM, demonstrando que quanto menor altura cômulo+ramo maior o ângulo do PM.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significantes na largura ($r = -0,298$) e no ângulo de inclinação da sínfise ($r = -0,287$) entre os grupos, verificou-se forte correlação entre o ângulo do PM com essas características, evidenciando que quanto maior o ângulo do PM mais estreita é a sínfise e menor é o ângulo de inclinação da sínfise.

O ângulo do plano palatal foi, significativamente, maior no grupo hiperdivergente ($8,70 \pm 3,26^\circ$) quando comparado ao grupo hipodivergente ($6,68 \pm 3,03^\circ$). Houve também forte correlação entre o ângulo do PM e ângulo do plano palatal, no qual observou-se que quanto maior o ângulo do plano MD maior o ângulo do plano palatal. Diferente de nossos resultados, Nahoum et al³², ao verificarem o ângulo do plano palatal medido com Sela-Násio encontraram que o ângulo era menor em indivíduos hiperdivergentes, sugerindo haver uma inclinação para cima do plano palatal anteriormente. Os autores³² acreditam que essa inclinação do ângulo do plano palatal para cima diminui a altura facial superior, anteriormente, aumentando ainda mais a altura facial inferior, promovendo maior rotação anti-horária da mandíbula e o aumento do ângulo do PM.

A altura palatal no grupo hipodivergente foi ligeiramente maior que no grupo hiperdivergente, sem grandes diferenças ($P > 0,05$). Os resultados demonstraram correlação ($P > 0,05$), inversamente, proporcional entre o ângulo do PM e altura palatal na região posterior, sugerindo que quanto maior o ângulo

do PM, menor será a altura palatal na região posterior e mais próximos estão os planos S-N e plano palatal nesta área.

Achado interessante foi encontrado no ângulo entre plano palatal e PM, pois mesmo desconsiderando os padrões dentários, como maloclusões de mordida aberta e sobremordida exagerada em ambos os grupos, verificou-se que o grupo hipodivergente ($23,84 \pm 3,87^\circ$) apresentou ângulo significativamente menor que o grupo hiperdivergente ($32,16 \pm 4,42^\circ$). Este achado pode ser sugestivo de que os diferentes padrões verticais de crescimento apesar de demonstrarem-se, fortemente definidos, na morfologia esquelética final do complexo maxilo-mandibular, não determinam, seguramente, o estabelecimento de maloclusões verticais, pois osso alveolar é o último a finalizar seu crescimento. Sendo este reacional respondendo a diversos estímulos, aspectos funcionais, erupção dentária e hábitos podem ser decisivos no estabelecimento das maloclusões.

Em caráter de estudo preliminar e buscando detalhar as diferenças, cada grupo foi dividido em dois subgrupos. Grupo hiperdivergente com $PM \geq 38^\circ$ e PM de 37° à 35° , e hipodivergente com PM de 30° à 27° e $PM \leq 26^\circ$. O maior ângulo do PM foi 44° e o menor 17° . Percebeu-se que os extremos ($PM \geq 38^\circ$ e $PM \leq 26^\circ$) foram diferentes entre si em quase todas as análises e os grupos intermediários (PM de 37° à 35° e PM de 30° à 27°), comportaram-se sem grandes alterações esqueléticas, o que poderia influenciar na decisão da utilização de mecânicas ortodônticas para controle vertical, pois pequenas variações do ângulo do PM não apresentaram diferenças esqueléticas significantes entre os grupos.

Sugere-se novo estudo, com maior grupo de indivíduos, que possam ser subdivididos e comparados com um grupo controle, normo-divergente, no intuito de realizar novas correlações.

CONCLUSÃO

Indivíduos hiperdivergentes ($\geq 35^\circ$) e hipodivergentes ($\leq 30^\circ$), apresentaram morfologia maxilo-mandibular diferentes.

Indivíduos hipodivergentes apresentaram maior largura condilar, altura do ramo e altura do côndilo+ramo que os hiperdivergentes. Menor ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular também foi verificado nos hipodivergentes. Não foram encontradas diferenças na altura condilar, largura e inclinação da sínfise, e altura palatal.

Houve forte correlação entre o ângulo do PM e estruturas do complexo maxilo-mandibular, evidenciando que variações extremas do ângulo do PM estão associadas às características morfológicas do côndilo, sínfise, ramo, ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), entidade governamental Brasileira, pelo apoio financeiro concedido para realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod* 1969;55:585-99.
- 2 Skieller VB, Björk A, Linde-Hansen T. Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *Am J Orthod* 1984;86:359-70.
- 3 Ricketts R. Evolution of mandibular growth concepts in orthodontic science. *Proc Found Orthod Res* 1971;1-10.
- 4 Steiner C. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953;39: 720-55.
- 5 Isaacson RJ, Speidel TM, Worms FW. Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations. *Angle Orthod* 1971;41:219-29.
- 6 Nielsen L. Vertical malocclusions: etiology, development, diagnosis and some aspects of treatment. *The Angle orthodontist* 61.4 (1991): 247-260.
- 7 Cangialosi TJ. Skeletal morphologic features of anterior open bite. *Am J Orthod* 1984;85:28-36.
- 8 Nanda SK. Patterns of vertical growth in the face. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988;93:103-6.
- 9 Lai J, Ghosh J, Nanda RS. Effect of orthodontic therapy on the facial profile in long and short vertical facial patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:505-13.
- 10 Blanchette ME, Nanda RS, Currier GF, Ghosh J, Nanda SK. A longitudinal cephalometric study of the soft tissue profile of short- and long-face syndromes from 7 to 17 years. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:116-31.
- 11 Swasty D, Lee J, Huang JC, Maki K, Gansky SA, Hatcher D, Miller AJ. Cross-sectional human mandibular morphology as assessed in vivo by cone-beam computed tomography in patients with different vertical facial dimensions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:e377-e389.
- 12 Ha Y, Park YS, Lee SP. Do long-faced subjects really have a long anterior face? A longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:799-806).

- 13 Sassouni V, Nanda S. Analysis of dentofacial vertical proportions. *Am J Orthod* 1964;50:801-23.
- 14 Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, et al. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136(1): 19-25.
- 15 Moreira CR, Sales MA, Lopes PM, Cavalcanti MG. Assessment of linear and angular measurements on three-dimensional conebeam computed tomographic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: 430–436.
- 16 Cevidanes LHS, Heymann G, Cornelis MA, Declerck HJ, Tulloch C. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:94-9.
- 17 Ruellas ACO, Tonello C, Gomes LR, Yatabe MS, Macron L, Lopinto J, Gonçalves JR, Carreira DGGC, Alonso N, Souki BQ, Coqueiro RS, Cevidanes LHS. Common 3- dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:645-56.
- 18 Ruellas ACO, Ghislanzoni LTH, Gomes MR, Danesi C, Lione R, Nguyen T, Mcnamara JR JA, Cozza P, Franchi L, Cevidanes LHS. Comparison and reproducibility of 2 regions of reference for maxillary regional registration with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:533-42.
- 19 Ruellas ACO, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, Franchi L, Cevidanes LHS. (2016) 3D Mandibular Superimposition: Comparison of Regions of Reference for Voxel-Based Registration. *PLoS ONE* 11(6): e0157625. doi:10.1371/journal.
- 20 Schudy FF. The control of vertical overbite in clinical orthodontics. *Angle Orthod* 1968;38:19-39.
- 21 Pandis N. Sample calculations for comparison of 2 means. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, v. 141, n. 4, p. 519–521, 2012.

- 22 Habets LLMH, Bezuur JN, Naeiji M, Hansson TL (1988). The Orthopantomogram®, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. *Journal of oral rehabilitation*, 15(5), 465-471.
- 23 Young NM, Sherathiya K, Gutierrez L, Nguyen E, Bekmezian S, Huang JC, Hallgrímsson B, Lee JS, Marcucio RS. Facial surface morphology predicts variation in internal skeletal shape. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:501-8
- 24 Celik S; Celikoglu M; Buyuk SK; Sekerci AE. Mandibular vertical asymmetry in adult orthodontic patients with different vertical growth patterns: A cone beam computed tomography study. *Angle Orthod.* 2016;86:271–277.
- 25 Al Taki A, Ahmed MH, Ghani HA, Al Kaddah F. (2015). Impact of different malocclusion types on the vertical mandibular asymmetry in young adult sample. *European journal of dentistry*, 9(3), 373.
- 26 Kasimoglu Y, Tuna EB, Rahimi B, Marsan G, Gencay K. Condylar asymmetry in different occlusion types. *Cranioh: The Journal of Craniomandibular & Sleep Practice.* 2015; 33:10-4.
- 27 Gionhaku N, Lowe AA. Relationship between jaw muscle volume and craniofacial form. *J Dent Res.* 1989;68:805–809.
- 28 Bakke M, Tuxetv A, Vilmann P, Jensen BR, Vilmann A, Toft M. Ultrasound image of human masseter muscle related to bite force, electromyography, facial morphology, and occlusal factors. *Scand J Dent Res.* 1992;100:164–171.
- 29 Nair R, Deguchi T, Li X, Katashiba S, Chan YH. Quantitative analysis of the maxilla and the mandible in hyper- and hypodivergent skeletal Class II pattern. *Orthod Craniofac Res.* 2009;12:9–13.
- 30 Bresin A. Effects of masticatory muscle function and bite- raising on mandibular morphology in the growing rat. *Swed Dent J Suppl.* 2001;150:1–49.
- 31 Garcia-Morales P, Buschang PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003;25:265–272.
- 32 Nahoum HI, Vertical proportions and the palatal plane in anterior open bite. *Am J Orthod* 59: 273-282, 1971.

LEGENDA DE FIGURAS E TABELAS

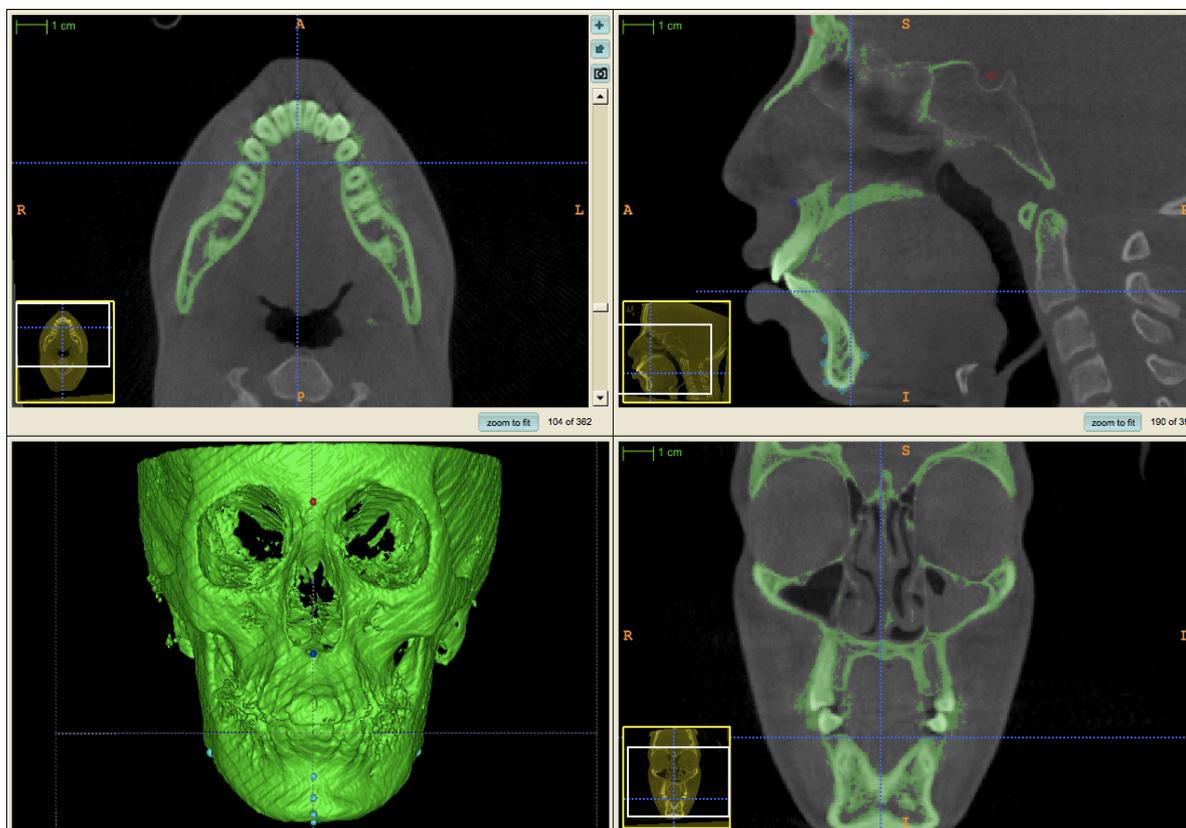


Fig 1. Interface do programa ITK-SNAP, mostrando todos os planos (axial, sagital, coronal e o modelo 3D) que foram utilizados e serviram como referência para melhor identificação e marcação dos pontos. A imagem verde refere-se à segmentação

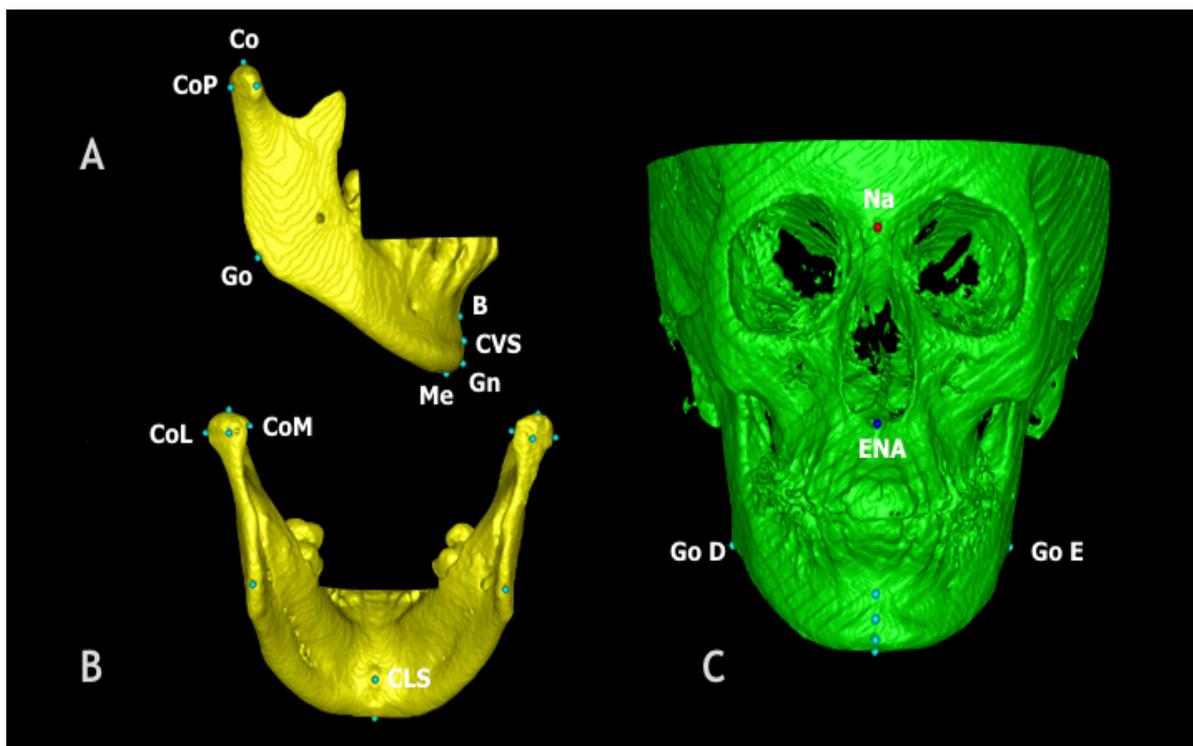


Fig 2. Modelo de superfície 3D (programa ITK-SNAP) evidenciando os pontos marcados, com cores diferentes, na mandíbula em azul claro, (A - vista lateral e B - vista posterior), base do crânio em vermelho e maxila em azul escuro (C).

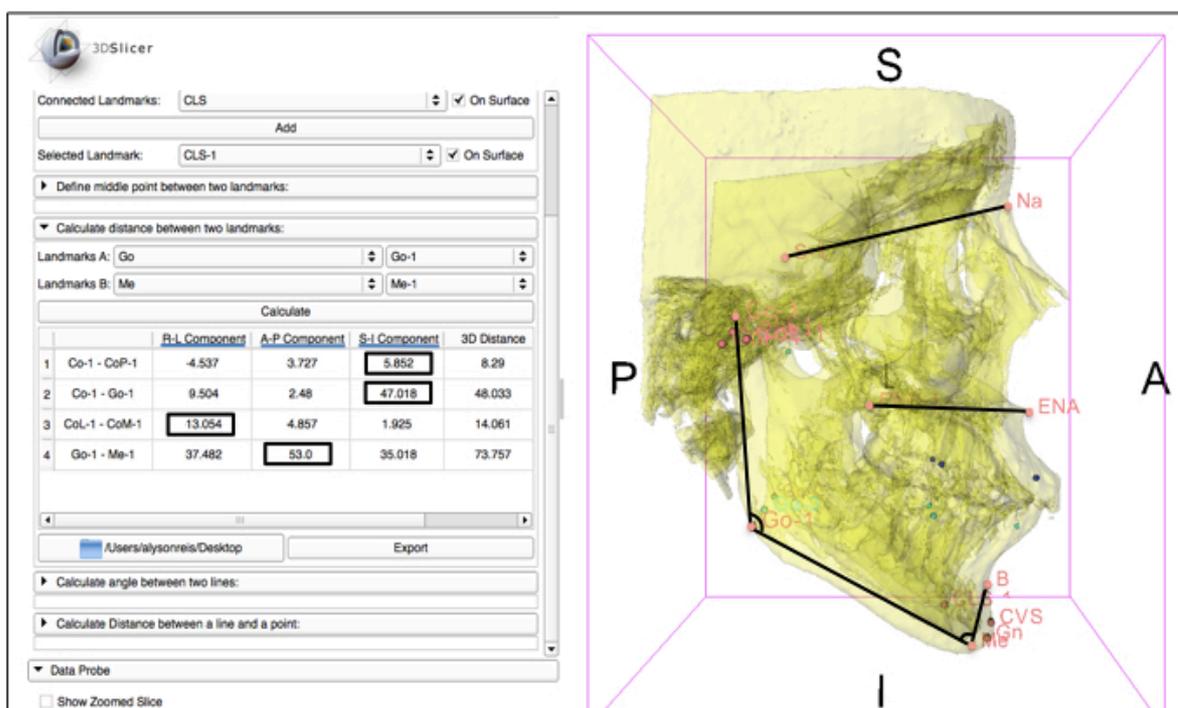


Fig 3. Medidas angulares geradas pelo programa 3DSlicer, utilizando a ferramenta Q3DC.

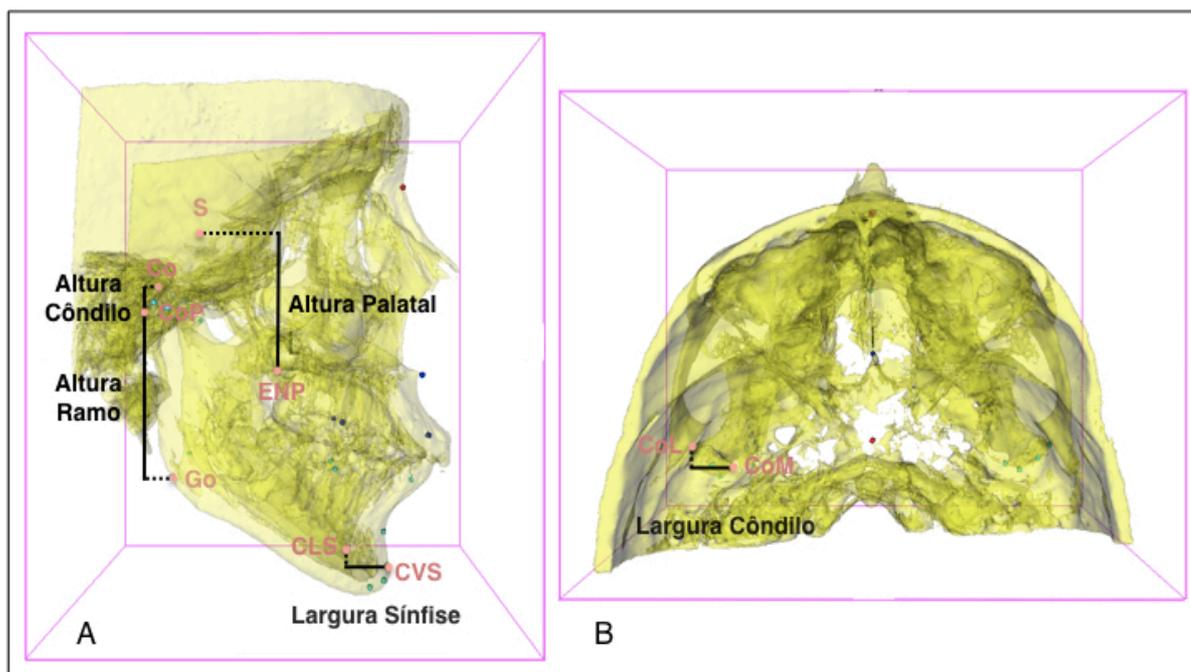


Fig 4. Medidas lineares em A – visão lateral (altura do côndilo, ramo, palatal e largura da sínfise). B - visão superior (largura do côndilo), evidenciando projeoes dos pontos de referência 3D em diversas dimensões (verticais, transversais, ântero-posteriores).

Tabela I. Características estudadas e pontos marcados nas TCFC.

Variável	Descrição
Altura Côndilo (mm)	Distância entre os pontos Co (ponto mais superior do côndilo) e CoP (ponto mais posterior do côndilo). (Direito e Esquerdo).
Altura Ramo (mm)	Distância entre os pontos CoP (ponto mais posterior do côndilo) e Go (ponto Goníaco). (Direito e Esquerdo).
Altura Côndilo + Ramo (mm)	Distância entre os pontos Co (ponto mais superior do côndilo) e Go (ponto Goníaco). (Direito e Esquerdo).
Largura Côndilo (mm)	Distância entre os pontos CoL (ponto de maior convexidade do pólo lateral do côndilo) e CoM (ponto de maior convexidade do pólo medial do côndilo). (Direito e Esquerdo).
Largura Sínfise (mm)	Distância entre os pontos CVS (ponto de maior convexidade da curvatura vestibular da sínfise) CLS (ponto de maior convexidade da curvatura lingual da sínfise).
Comprimento mandibular (mm)	Distância entre os pontos GoM (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo) e Me (ponto Mento).
Altura Palatal (mm)	Distância entre os pontos S (ponto Sela) e ENP (ponto Espinha Nasal Posterior).
Ângulo do PM 3D (°)	Ângulo formado entre as linhas S-N (ponto Sela e ponto Násio) e GoM-Gn (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo e ponto Gnátio).
Ângulo Goníaco (°)	Ângulo formado entre as linhas Co-Go (ponto mais superior do côndilo e ponto Goníaco) e Go-Me (ponto Goníaco e ponto Mento). (Direito e Esquerdo).
Ângulo de Inclinação da Sínfise (°)	Ângulo formado entre as linhas GoM-Me (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo e ponto Mento) e Me-B (ponto Mento e ponto B).
Ângulo do Plano Palatal (°)	Ângulo formado entre as linhas S-N (ponto Sela e ponto Násio) e ENA-ENP (ponto ENA e ponto ENP).
Ângulo Palatino.Mandibular (°)	Ângulo formado entre as linhas ENA-ENP (ponto ENA e ponto ENP) e GoM-Me (média dos pontos Goníaco direito e esquerdo e ponto Mento).

Tabela II. Análise descritiva e resultados do Teste T nos grupos hiperdivergente e hipodivergente para medidas lineares (mm).

<i>Grupo</i>	Hiperdivergente PM ≥ 35°	Hipodivergente PM ≤ 30°
Altura Côndilo	6,60 (±0,84)	6,94 (±1,18)
Altura Ramo	44,35 (±4,45) *	49,88 (±5,58) *
Altura Côndilo + Ramo	50,98 (±4,85) *	56,77 (±5,97) *
Largura Côndilo	15,65 (±1,68) *	17,45 (±3,50) *
Largura Sínfise	16,07 (±2,15)	16,75 (±1,53)
Comprimento mandibular (Go-Me)	57,94 (±7,79) *	66,73 (±5,16) *
Altura Palatal	40,23 (±3,45)	41,22 (±2,76)

Nota. Valores do desvio médio (± DM).
* P < 0.05% significa diferença estatisticamente significativa.

Tabela III. Análise descritiva e resultados do Teste T nos grupos hiperdivergente e hipodivergente para medidas angulares (°).

<i>Grupo</i>	Hiperdivergente PM ≥ 35°	Hipodivergente PM ≤ 30°
Ângulo do PM 3D (°)	36,37 (±3,09) *	26,46 (±3,36) *
Ângulo Goníaco (°)	123,45 (±3,96) *	118,66 (±5,10) *
Ângulo de Inclinação Sínfise (°)	80,06 (±5,94)	81,39 (±5,49)
Ângulo do Plano Palatal (°)	8,70 (±3,26) *	6,68 (±3,03) *
Ângulo Palatino.Mandibular (°)	32,16 (±4,42) *	23,84 (±3,87) *

Nota. Valores do desvio médio (± DM).
* P < 0.05% significa diferença estatisticamente significativa.

Tabela IV. Correlação de Pearson evidenciando a relação entre o ângulo do PM 3D com as demais características e estruturas avaliadas. (n=60)

	Ângulo PM 3D
Altura Côndilo (mm)	
r	-0,112
<i>P valor</i>	0,393
Altura Ramo (mm)	
r	- 0,404 *
<i>P valor</i>	0,001
Altura Côndilo + Ramo (mm)	
r	- 0,387 *
<i>P valor</i>	0,002
Largura Côndilo (mm)	
r	- 0,469 *
<i>P valor</i>	0,000
Largura Sínfise (mm)	
r	- 0,298 *
<i>P valor</i>	0,021
Comprimento mandibular (Go-Me)	
r	- 0,438 *
<i>P valor</i>	0,000
Altura Palatal (mm)	
r	-0,208
<i>P valor</i>	0,110
Ângulo Goníaco (°)	
r	0,557 *
<i>P valor</i>	0,000
Ângulo de Inclinação Sínfise (°)	
r	- 0,287 *
<i>P valor</i>	0,026
Ângulo do Plano Palatal (°)	
r	0,323 *
<i>P valor</i>	0,012
Ângulo Palatino.Mandibular (°)	
r	0,783 *
<i>P valor</i>	0,000
Nota. * Diferença estatisticamente significante para $\alpha = 0.05\%$	

5 DISCUSSÃO

Este foi o primeiro estudo que avaliou, em modelos de superfície 3D, características morfológicas de indivíduos com diferentes padrões de crescimento vertical. Percebemos a necessidade de mais estudos, pois avaliações 3D permitem melhor visualização tridimensional das estruturas e maior precisão na realização de medidas em diversos planos. (Cevidanés 2009; Ruellas et al., 2016; Ruellas et al., 2016; Ruellas et al., 2016).

Modelos de segmentação 3D podem apresentar imprecisões, principalmente, em locais onde estruturas estão próximas e sobrepostas, como por exemplo na região do côndilo, disco e fossa articular. (Fourie et al., 2011; Engelbrecht et al., 2013). Assim, visando evitar possíveis erros, durante a marcação dos pontos, em nosso estudo usamos como referência todas as reconstruções multiplanares axial, coronal, sagital e 3D). Somente após a obtenção das segmentações com os pontos marcados nas RMP, realizamos as medições através dos modelos 3D, que permite maior precisão durante a realização das medidas, pois o programa executa um sistema de coordenadas nos eixos x, y e z, oferecendo informações mais precisas quanto a localização das estruturas no espaço. (Ruelas et al., 2016).

Os casos que demonstram maiores dificuldades de tratamento e com prognóstico menos favorável são, frequentemente, aqueles em que há discrepância vertical, fato que pode ser comprovado pelos maiores índices de recidiva no pós-tratamento (Cangialosi et al., 1984). Desta forma, conhecer as variações morfológicas de indivíduos com diferentes padrões de crescimento

vertical torna-se importante instrumento para o diagnóstico, planejamento e contenção (Sassouni et al., 1964).

Em 1964, Schudy afirmou que as dimensões verticais são as mais importantes para o ortodontista clínico e que displasias verticais estão inseparavelmente relacionadas à mordida aberta e sobremordida exagerada (Schudy, 1964). Entretanto, percebemos na clínica ortodôntica muitos indivíduos com PM elevado e PM diminuído que não apresentam mordida aberta e sobremordida exagerada, respectivamente. Visando avaliar possíveis alterações de origem esquelética desconsideramos as maloclusões verticais, mordida aberta e sobremordida exagerada.

Nossos resultados mostraram diferenças, estatisticamente significante, em quase todas as características avaliadas entre os grupos, hiperdivergente e hipodivergente. A forte correlação entre o ângulo do PM e as demais estruturas do complexo maxilo-mandibular corroboram esse achado. Verificamos que quanto maior o ângulo do PM, observado em indivíduos hiperdivergentes, menor é a altura do ramo, do côndilo+ramo e mais estreito é o côndilo e a sínfise. Os ângulos goníaco, da inclinação do plano palatal e palatino-mandibular apresentam-se mais elevados e o ângulo de inclinação da sínfise apresenta-se diminuído. A relação é inversamente proporcional aos achados, quando o ângulo do PM for diminuído, observado em indivíduos hipodivergentes.

A média dos valores encontrados, em milímetros, da altura condilar não mostrou diferenças, significantes, entre o grupo hipodivergente ($6,94 \pm 1,18$ mm) quando comparado ao grupo hiperdivergente ($6,60 \pm 0,84$ mm). Em estudo semelhante, Celik avaliou a altura do côndilo, do ramo e côndilo+ramo em

indivíduos hipodivergentes, normo-divergentes e hiperdivergentes através de exames de TCFC. Os autores não encontraram diferenças entre homens e mulheres, e semelhante a nossos resultados não encontraram diferenças, significativamente, na altura condilar entre os grupos (Celik et al., 2016).

Nas avaliações da altura do ramo e altura do côndilo+ramo, encontramos resultados semelhantes ao estudo anterior. O grupo hipodivergente apresentou maiores valores ($P < 0,05$), na altura do ramo e do côndilo+ramo quando comparado ao hiperdivergente. Os autores relataram ainda que encontraram os maiores e menores valores do ramo no grupo hipodivergente. Em nosso estudo o valor mais alto do ramo foi encontrado no grupo hipodivergente (74,4mm), porém, o mais baixo foi encontrado no grupo hiperdivergente (43,4mm).

Na avaliação da altura condilar tivemos dificuldade de encontrar uma forma de padronizar as medições no colo do côndilo. Usamos a metodologia descrita por Habets, na qual, definimos como altura condilar a distância vertical entre o ponto mais superior do côndilo e o ponto mais posterior do côndilo, porém, por não avaliar a altura total da cabeça do côndilo, achamos que este pode ter sido um dos motivos para a diferença da altura condilar não mostrar-se tão evidente, visto que o côndilo já é uma estrutura pequena e a medida realizada foi menor que a altura total. (Habets et al., 1988)

A largura condilar nos indivíduos hipodivergentes ($17,45 \pm 3,50$ mm) foi significativamente maior que nos indivíduos hiperdivergentes ($15,65 \pm 1,68$ mm). Björk relatou que indivíduos hipodivergentes apresentam crescimento condilar, predominantemente, vertical. Como o côndilo é uma área de intenso crescimento da mandíbula acreditamos que pode haver também um maior crescimento no

sentido lâtero-lateral nos indivíduos hipodivergentes (Björk, 1969). Outro fator que pode explicar essa diferença é força muscular exercida entre indivíduos hiperdivergentes e hipodivergentes que é diferente (Gionhaku et al., 1989; Bakke et al, 1992; Nair et al., 2009).

O padrão esquelético hiperdivergente apresenta baixa atividade muscular (Nair et al. 2009). Bakke et al. relataram uma relação inversa entre a morfologia esquelética vertical e o comprimento do masseter (Bakke et al., 1992), os músculos mastigatórios têm forte influência na morfologia maxilofacial vertical e na força oclusal (Bresin et al., 2001; Garcia et al., 2003). Dessa forma, supomos que a maior largura do côndilo em indivíduos hipodivergentes pode estar relacionada a necessidade de haver uma estrutura condilar mais forte e resistente capaz de suportar as forças mastigatórias que são maiores nesses indivíduos.

Padrões de crescimentos verticais que manifestam-se de forma extrema acabam gerando rotação mandibular. Se as suturas faciais e o crescimento alveolar crescerem, exageradamente, verticalmente sobrepondo o crescimento condilar, haverá rotação da mandíbula para trás aumentando o ângulo do PM e ângulo goníaco. Se o crescimento condilar for maior que o crescimento das suturas faciais e o osso alveolar ocorrerá rotação da mandíbula para frente diminuindo o ângulo goníaco e ângulo do PM (Björk, 1969). Nossos resultados corroboram esses achados, verificamos que nos indivíduos hiperdivergentes a altura côndilo+ramo foi menor ($P<0,05$) que nos hipodivergentes, apresentando, com isso, maior ângulo do PM e ângulo goníaco. Comprovado-se com a forte correlação entre a altura côndilo+ramo e o ângulo do PM, no qual indivíduos com

menores valores de cômulo+ramo apresentaram maiores valores do ângulo do PM.

Björk em estudos pioneiros relatou que indivíduos hipodivergentes, comumente, apresentam sínfise mais larga e com tendência a inclinar-se para frente apresentando um ângulo de inclinação da sínfise mais obtuso, enquanto indivíduos hiperdivergentes a sínfise mostra-se mais estreita e inclina-se para trás, demonstrando um ângulo mais agudo (Björk, 1969). Apesar de não encontrarmos diferenças, estatisticamente significantes, na largura e no ângulo de inclinação da sínfise entre os dois grupos, encontramos forte correlação ($P < 0,05$) entre o ângulo do PM com a largura e inclinação da sínfise, evidenciando que quanto maior o ângulo do PM mais estreita é a sínfise e menor é o ângulo de inclinação da sínfise.

Acreditamos que os resultados da largura e inclinação da sínfise não foram expressivos porque em nosso estudo não levamos consideração a sobremordida. No grupo hiperdivergente haviam indivíduos com sobremordida exagerada de 100% e no grupo hipodivergente haviam indivíduos com mordida em topo, desta forma concluímos que a maloclusão pode ter influenciado em uma remodelação do osso alveolar modificando a forma e inclinação da sínfise.

O ângulo do plano palatal foi, significativamente, maior no grupo hiperdivergente ($8,70 \pm 3,26^\circ$) quando comparado ao grupo hipodivergente ($6,68 \pm 3,03^\circ$). Houve também forte correlação entre o ângulo do PM e ângulo do plano palatal, no qual observou-se que quanto maior o ângulo do plano MD maior o ângulo do plano palatal. Diferente de nossos resultados, Nahoum et al. ao verificarem o ângulo do plano palatal medindo o ângulo entre Sela-Násio e o

plano palatal (SN.PP) encontraram que o ângulo era menor em indivíduos hiperdivergentes, sugerindo haver uma inclinação para cima do plano palatal anteriormente. Os autores acreditam que essa inclinação do plano palatal para cima diminui a altura facial superior anteriormente, aumentando ainda mais a altura facial inferior, promovendo maior rotação mandibular para baixo, aumentando o ângulo do PM. (Nahoum et al., 1971).

A altura palatal no grupo hipodivergente ($41,22 \pm 2,76\text{mm}$) foi ligeiramente maior que no grupo hiperdivergente ($40,23 \pm 3,45\text{mm}$), sem grandes diferenças ($P > 0,05$). Os resultados demonstraram correlação ($P > 0,05$), inversamente, proporcional entre o ângulo do PM e altura palatal na região posterior, sugerindo que quanto maior o ângulo do PM, menor será a altura palatal na região posterior e mais próximos estão os planos S-N e plano palatal nesta área.

Achado interessante foi encontrado no ângulo palatino-mandibular, pois mesmo desconsiderando as características dentárias, como maloclusões de mordida aberta e sobremordida exagerada, verificamos que o grupo hipodivergente ($23,84 \pm 3,87^\circ$) apresentou ângulos, significativamente, menor que o grupo hiperdivergente, ($32,16 \pm 4,42^\circ$).

O achado evidencia que os diferentes padrões verticais de crescimento apesar de demonstrarem-se, fortemente definidos, na morfologia esquelética final do complexo maxilo-mandibular, não determinam, seguramente, o estabelecimento de maloclusões dentárias verticais, pois osso alveolar é o último a finalizar seu crescimento e como é extremamente reacional respondendo a diversos estímulos, nestes casos, aspectos funcionais, erupção dentária e hábitos podem ter sido decisivos no estabelecimento das maloclusões.

Em caráter de estudo preliminar e buscando avaliar com mais detalhes o comportamento entre os dois grupos, cada grupo foi dividido em outros dois grupos. O grupo hiperdivergente dividido em $PM \geq 38^\circ$ e PM de 37° à 35° , e o hipodivergente em PM de 30° à 27° e $PM \leq 26^\circ$. O maior ângulo do PM foi 44° e o menor 17° . Nos resultados percebemos que os extremos ($PM \geq 38^\circ$ e $PM \leq 26^\circ$) foram diferentes entre si em quase todas as análises, com diferenças estatisticamente significantes. Já os grupos intermediários, com valores mais próximos da normalidade (PM entre 31° à 34°) com ângulo do PM de 37° à 27° , comportaram-se sem grandes alterações esqueléticas, o que poderia influenciar na decisão da utilização de mecânicas ortodônticas para controle vertical, pois pequenas variações do ângulo do PM não apresentaram diferenças esqueléticas significantes entre os grupos.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se com a realização desse estudo que:

6.1.1 Indivíduos hiperdivergentes ($\geq 35^\circ$) e hipodivergentes ($\leq 30^\circ$), apresentaram morfologia maxilo-mandibular diferentes.

6.1.2 Indivíduos hipodivergentes apresentam maior largura condilar, maior altura do ramo e altura do côndilo+ramo que os hiperdivergentes. Menor ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular também foram verificados nos hipodivergentes. Não foram encontradas diferenças na altura condilar, largura e inclinação da sínfise, e altura palatal.

6.2 Houve forte correlação entre o ângulo do PM e estruturas do complexo maxilo-mandibular, evidenciando que variações extremas do ângulo do PM estão associadas às características morfológicas do côndilo, sínfise, ramo, ângulo goníaco, ângulo do plano palatal e ângulo palatino-mandibular.

7 RECOMENDAÇÕES

Sugere-se um novo estudo, com maior grupo de indivíduos, que possam ser subdivididos e comparados com um grupo controle (normo-divergente) visando investigar quando as discrepâncias comportam-se mais próximas da normalidade, permitindo novas correlações.

Avaliar a altura palatal na região anterior e posterior e correlacionar com o ângulo do plano palatal e com a altura facial inferior em indivíduos hipodivergentes e hiperdivergentes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod* 1969;55:585-99.
- 2 Skieller VB, Björk A, Linde-Hansen T. Prediction of mandibular growth rotation evaluated from a longitudinal implant sample. *Am J Orthod* 1984;86:359-70.
- 3 Ricketts R. Evolution of mandibular growth concepts in orthodontic science. *Proc Found Orthod Res* 1971;1-10.
- 4 Steiner C. Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 1953;39: 720-55.
- 5 Nielsen L. Vertical malocclusions: etiology, development, diagnosis and some aspects of treatment. *The Angle orthodontist* 61.4 (1991): 247-260.
- 6 Cangialosi TJ. Skeletal morphologic features of anterior open bite. *Am J Orthod* 1984;85:28-36.
- 7 Nanda SK. Patterns of vertical growth in the face. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988;93:103-6.
- 8 Lai J, Ghosh J, Nanda RS. Effect of orthodontic therapy on the facial profile in long and short vertical facial patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:505-13.
- 9 Isaacson RJ, Speidel TM, Worms FW. Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations. *Angle Orthod* 1971;41:219-29.
- 10 Blanchette ME, Nanda RS, Currier GF, Ghosh J, Nanda SK. A longitudinal cephalometric study of the soft tissue profile of short- and long-face syndromes from 7 to 17 years. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:116-31.
- 11 Hwang S, Jeong S, Choi YJ, Chung CJ, Lee HS and Kim KH. Three-dimensional evaluation of dentofacial transverse widths of adults with various vertical facial patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018;153:692-700.
- 12 Habets LLMH, Bezuur JN, Naeiji M, Hansson TL (1988). The Orthopantomogram®, an aid in diagnosis of temporomandibular joint problems. *Journal of oral rehabilitation*, 15(5), 465-471.

- 13 Halicioglu K, Celikoglu M, Buyuk SK, Sekerci AE, & Candirli C. (2014). Effects of early unilateral mandibular first molar extraction on condylar and ramal vertical asymmetry. *European journal of dentistry*, 8(2),178.
- 14 Al Taki A, Ahmed MH, Ghani HA, Al Kaddah F. (2015). Impact of different malocclusion types on the vertical mandibular asymmetry in young adult sample. *European journal of dentistry*, 9(3), 373.
- 15 Celik S; Celikoglu M; Buyuk SK; Sekerci AE. Mandibular vertical asymmetry in adult orthodontic patients with different vertical growth patterns: A cone beam computed tomography study. *Angle Orthod*. 2016;86:271–277.
- 16 Swasty D, Lee J, Huang JC, Maki K, Gansky SA, Hatcher D, Miller AJ. Cross-sectional human mandibular morphology as assessed in vivo by cone-beam computed tomography in patients with different vertical facial dimensions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:e377-e389.
- 17 Ha Y, Park YS, Lee SP. Do long-faced subjects really have a long anterior face? A longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:799-806).
- 18 Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, et al. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136(1): 19-25.
- 19 Moreira CR, Sales MA, Lopes PM, Cavalcanti MG. Assessment of linear and angular measurements on three-dimensional conebeam computed tomographic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108: 430–436.
- 20 Cevidanes LHS, Heymann G, Cornelis MA, Declerck HJ, Tulloch C. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:94-9.
- 21 Ruellas ACO, Tonello C, Gomes LR, Yatabe MS, Macron L, Lopinto J, Gonçalves JR, Carreira DGGC, Alonso N, Souki BQ, Coqueiro RS, Cevidanes LHS. Common 3- dimensional coordinate system for assessment of directional changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:645-56.

- 22 Ruellas ACO, Ghislanzoni LTH, Gomes MR, Danesi C, Lione R, Nguyen T, Mcnamara JR JA, Cozza P, Franchi L, Cevitanes LHS. Comparison and reproducibility of 2 regions of reference for maxillary regional registration with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:533-42.
- 23 Ruellas ACO, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR, Franchi L, Cevitanes LHS. (2016) 3D Mandibular Superimposition: Comparison of Regions of Reference for Voxel-Based Registration. *PLoS ONE* 11(6): e0157625. doi:10.1371/journal.
- 24 Pandis N. Sample calculations for comparison of 2 means. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, v. 141, n. 4, p. 519–521, 2012.
- 25 Young NM, Sherathiya K, Gutierrez L, Nguyen E, Bekmezian S, Huang JC, Hallgrímsson B, Lee JS, Marcucio RS. Facial surface morphology predicts variation in internal skeletal shape. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:501-8
- 26 Schudy FF. The control of vertical overbite in clinical orthodontics. *Angle Orthod* 1968;38:19-39.
- 27 Fourie Z, Damstra J, Gerrits PO, Ren Y. (2011) Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. *Forensic Sci Int* 207:127–134.
- 28 Engelbrecht WP, Fourie Z, Damstra J, Gerrits PO, Ren Y. The influence of the segmentation process on 3D measurements from cone beam computed tomography-derived surface models. *Clin Oral Investig.* 2013;17:1919–1927.
- 29 Sassouni V, Nanda S. Analysis of dentofacial vertical proportions. *Am J Orthod* 1964;50:801-23.
- 30 Gionhaku N, Lowe AA. Relationship between jaw muscle volume and craniofacial form. *J Dent Res.* 1989;68:805–809.
- 31 Bakke M, Tuxetv A, Vilmann P, Jensen BR, Vilmann A, Toft M. Ultrasound image of human masseter muscle related to bite force, electromyography, facial morphology, and occlusal factors. *Scand J Dent Res.* 1992;100:164–171.

- 32 Nair R, Deguchi T, Li X, Katashiba S, Chan YH. Quantitative analysis of the maxilla and the mandible in hyper- and hypodivergent skeletal Class II pattern. *Orthod Craniofac Res.* 2009;12:9–13.
- 33 Bresin A. Effects of masticatory muscle function and bite- raising on mandibular morphology in the growing rat. *Swed Dent J Suppl.* 2001;150:1–49.
- 34 Garcia-Morales P, Buschang PH, Throckmorton GS, English JD. Maximum bite force, muscle efficiency and mechanical advantage in children with vertical growth patterns. *Eur J Orthod.* 2003;25:265–272.
- 35 Nahoum HI, Vertical proportions and the palatal plane in anterior open bite. *AM J ORTHOD* 59: 273-282, 1971.

9 ANEXO

Parecer do Comitê de Ética.

UFRJ - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO
FRAGA FILHO DA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA FORMA DA MANDÍBULA EM PACIENTES COM A MORDIDA ABERTA E MORDIDA PROFUNDA

Pesquisador: ALYSON DE SOUZA REIS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 72361817.2.0000.5257

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.227.593

Situação do Parecer:

Aprovado