

**Universidade do Brasil – UFRJ**

**Centro de Ciências da Saúde**

**Faculdade de Odontologia**

ANÁLISE MORFOLOGICA DA BASE DO CRÂNIO, MAXILA E  
MANDIBULA EM MALOCLUSÕES CLASSE I, II E III  
ESQUELÉTICAS. ESTUDO EM CBCT.

Gonzalo Alejandro Muñoz Arias,

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

– 2019 –

**ANÁLISE MORFOLOGICA DA BASE DO CRÂNIO, MAXILA E MANDIBULA EM  
MALOCLUSÕES CLASSE I, II E III ESQUELÉTICAS. ESTUDO EM CBCT.**

**Gonzalo Muñoz, CD.**

**Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas, CD, MS, DR.**

**Dissertação submetida ao corpo docente da  
Faculdade de Odontologia da Universidade do Brasil -  
UFRJ, como parte dos requisitos, para obtenção do Título  
de Mestre em Odontologia (Ortodontia).**

---

Prof. Dr. Ana Maria Bolognese, CD

---

Prof. Dr. Amanda Cunha Regal  
de Castro, CD

---

Prof. Dr. Claudia Trindade Mattos, CD

**Rio de Janeiro**

**2018**

### Ficha Catalográfica

**MUÑOZ, Gonzalo**

Título. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BASE DO CRÂNIO E FOSSA MANDIBULAR EM MALOCLUSÕES CLASSE I, II E III ESQUELÉTICAS. ESTUDO EM CBCT. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2019. xxii, 50f.

**Dissertação: Mestrado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade do Brasil – UFRJ, Faculdade de Odontologia, 2019.**

- |                                  |                      |
|----------------------------------|----------------------|
| <b>1. Maloclusão esquelética</b> | <b>2. Morfologia</b> |
| <b>3. Ortodontia</b>             | <b>4. Tese</b>       |

**Linha de Pesquisa: Avaliação do Crescimento e do Desenvolvimento da Face e do Aparelho Mastigador.**

**Projeto: Análise Morfométrica da Base do Crânio, Maxila e Mandíbula em Maloclusões Classe I, II e III Esqueléticas. Estudo em CBCT.**

**Comitê de Ética Nº Permissão 1.107.013 (pagina 50).**



## DEDICATORIA

Quando me sentei a escrever essas palavras, de forma automática duas pessoas vieram à minha cabeça. Sergio e Patrícia. Mas, como eu poderia escrever nessas poucas linhas todo o que vocês significam para mim? Como poderia ser justo com vocês quando as palavras são tão simples e repetidas?

Desde criança meu **Pai** me ensinou que eu era uma pessoa única e que se algum dia tentasse me comparar aos outros, encontraria nessa comparação muitas frustrações. Assim, todos os dias uma ideia crescia na minha cabeça: “Seja a melhor versão de você mesmo, seja melhor do que você foi ontem”, e esse virou o meu objetivo na vida.

Por outra parte está a minha **Mãe**. O que nos une é um amor incomparável. Amada e respeitada por todos os que te conhecem, com um sorriso desenhado por Deus. Ensinou-me que nessa vida temos que lutar e que não existe dor que possa parar aqueles que amam. Você é minha heroína.

A vocês dois, que com seu exemplo de vida, têm me mostrado que só nas misteriosas forças do amor é que a vida tem propósito. Peço a Deus que os anos sejam suficientes para devolver a vocês um pouco do amor que tem que dado. Minhas conquistas são o resultado de todo o esforço que vocês têm feito nessa vida, e esse degrau é dedicado integralmente a vocês. Amo vocês profundamente.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao meu **Deus**. Sem a Sua presença na minha vida nada teria sentido. Você que desenhou cada segundo da minha vida com a delicadeza de um artista. Você tem sido refúgio nas tormentas, água no deserto, e um abraço carinhoso na solidão. Obrigado meu Pai.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** (CAPES), pelo incentivo à qualificação profissional resultante na bolsa de estudos concedida.

Ao meu irmão **Andrés** e à sua esposa **Lulu**. Nesses anos seu lar foi um porto seguro, e seu abraço tem sido em muitos momentos a força que precisei pra continuar andando. Obrigado pelas conversas, risadas e viagens. Obrigado por estarem sempre presentes e preocupados. Sem vocês não teria conseguido. Amo vocês.

À minha amada irmã **Carolina**. A primeira vez que eu te vi, eu tinha 4 anos. Meu tio nos levou à clínica para te conhecer. Amei-te desde aquele momento, e vou te amar a vida toda. Você me ensinou tantas coisas que me motivaram a ser quem sou hoje. Com você aprendi a minha paixão por ensinar nessas longas tardes estudando física. Você sempre será minha primeira e melhor aluna. Te amo.

Ao meu irmão (tio) **Milton**. Com você aprendi que não há limites para aqueles que misturam a fé com o esforço. Dou graças a Deus por me dar mais um irmão com quem crescer.

Aos meus avós **Sergio, Mirta, Luis y Natividad**. Levo comigo cada momento vivenciado e tenho muito de vocês em mim. Surpreendo-me a cada dia falando as coisas que vocês falavam, reagindo como vocês reagiam e olhando no espelho um pouquinho de cada um de vocês. Obrigado pelo amor expressado das formas mais diversas e sinceras que já experimentei.

A **Jesús Guzmán, Camila Torres, Miguel Marin, Rocio Campos e Carlos Reyes**. Meus grandes amigos, sua amizade, risadas e companhia tornam essa caminhada na vida mais leve, fácil e linda. Vocês são um presente de Deus desde criança, até a vida toda.

Aos meus amigos **Carlos Arriagada, Marcelo Gübelin, Joaquin Morales e Eduardo Rosas**. Vocês são o melhor presente que a odontologia me deu.

Ao meu Professor, Mestre e Amigo, **Prof. Dr. Sergio Olate** obrigado por guiar meus primeiros passos no mundo da ciência e me ensinar que é possível ser um grande cientista, professor e profissional, e conservar intacta a humildade, generosidade e amabilidade que tanto faz falta nesse mundo da ciência.

Ao meu Professor, Mestre e Amigo, **Prof. Dr. Eduardo Borie** obrigado por aquele convite e aquela conversação em que decidi estudar a bela arte da ortodontia. Foi com teus ensinamentos e conselhos que tudo começou.

À minha professora **Dra. Profa. Maria Bernadette Sasso Stuani**. Obrigado pela generosidade e por me ensinar todo que precisei para entrar no curso de mestrado. Sem você teria sido impossível.



Aos colegas da 52ª Turma do Mestrado em Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, **Natan Guss, Alyson Reis, Flavio Copello, Sylvia Paez, Úrsula Puetter e Katherine Carvalho**. Obrigado pela amizade e disposição de ajudar nos meus primeiros passos na ortodontia.

Às colegas da 54ª Turma do Mestrado em Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, **Annanda Martins, Luiza Vilela, Daniela Azevedo, Thaiane Lópes, Luísa Schubach e Thaís Prates**. Obrigado pelo carinho e amizade, por aquelas conversas de mecânica no laboratório em que aprendi muito com vocês.

Aos meus amigos da 53ª Turma do Mestrado em Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, **Bruna Barreto, Cecilia Leão, Eduardo Vargas, Karoline Magalhaes e Laura Borges**. Só vocês sabem de todas as coisas que passamos juntos esses dois anos. Dizem que o Lar não é um espaço físico, e sim, onde teu coração se sente confortável. Obrigado por me fazerem sentir em casa. Vocês têm um espaço especial no meu coração e as minhas lembranças.

Ao meu amigo, **Eduardo Otero Amaral Vargas**. Dois anos de amizade que pareceram vinte. Você foi um dos presentes mais especiais que o Brasil me deu. Guardo de forma especial cada conversa e cada risada. Durante esse tempo de esforço e momentos bons e ruins, você fez questão que me acompanhar em alegrias e tristezas. Agradeço a Deus porque em você encontrei mais alguém pra chamar de irmão nessa vida.

À minha amiga, **Laura Borges**. Você foi a primeira amiga que eu tive nesse curso, aliás, antes de tudo começar, você já fazia parte de minha história particular com a ortodontia. Obrigado pelo carinho e as eternas risadas no trajeto Ortodontia-Bandejão- Ortodontia. Obrigado especialmente por ter mantido a força e a coragem

no meio das dificuldades que passamos durante o curso. A sua história e dedicação são uma grande inspiração.

À diretora do Curso de Mestrado em Odontologia área de concentração Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Profa. Dra. **Mônica Tirre de Souza Araújo**. Obrigado por propiciar a organização e a coordenação que me permitiram durante esses dois anos aprender a arte da ortodontia.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas**, pelo privilégio de ser seu aluno e orientando. Por ser para mim um exemplo além das nossas aulas e uma inspiração para aquilo que eu quero ser no futuro. Se algum dia eu tiver a honra de ser professor, espero transmitir os conhecimentos do jeito que o senhor sempre fez, com carinho, dedicação e simplicidade, e que os meus alunos sintam por mim aquela mesma admiração que eu sinto pelo senhor. Minha gratidão, admiração e eterna dívida.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Amanda Carneiro da Cunha**, por sempre nos receber com um sorriso no rosto, e por ter me guiado com tanto carinho e dedicação no processo de interpretação de dados e nos meus primeiros passos orientando uma aluna de graduação.

Ao **Prof. Dr. Marcus Vinicius Neiva Nunes do Rego** pelo convívio e pelos conhecimentos passados para nós alunos do mestrado, pela ajuda na confecção e desenvolvimento dessa dissertação.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Bolognese**. É com muito orgulho que eu conto para todo mundo que sou o seu aluno. Seu trabalho, dedicação e amor por esse ciência, geraram uma contribuição imensurável ao mundo ortodôntico e à minha vida. Os seus ensinamentos vão me acompanhar por todos os dias da vida e enquanto eu

tiver o privilegio de amar essa ciência do jeito que a senhora me ensinou. Minha eterna admiração e gratidão.

Ao **Prof. Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna**, por tantos ensinamentos clínicos na clinica de terça feira e por ter a gentileza de sempre me perguntar pela minha terra e a minha família. Obrigado professor.

Ao **Prof. Dr. Fernando Brazzalle**, por transmitir sua experiência através dos ensinamentos clínicos e de vida com tanta generosidade, carinho e paciência. Através dos anos, espero poder transmitir a outros a excelência com que o senhor faz ortodontia no dia a dia.

Ao **Prof. Dr. José Vinicius Maciel** pelo incentivo, a ler a aprender sempre além do que o curso nos oferecia.

Ao **Prof. Dr. Lincoln Nojima** pela oportunidade de mergulhar na modernidade tecnológica e por nos incentivar na procura da excelência no dia a dia. Obrigado pela preocupação, o carinho e por seu abraço sincero nos momentos difíceis. Minha eterna gratidão e amizade.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Liliane de Moraes**, pela oportunidade de trabalhar com alinhadores.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Rougemont**, pelo sorriso constante e o abraço sincero nos corredores do departamento.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Margareth Maria Gomes de Souza**, por sempre nos conduzir com leveza nesse caminho de aprendizado. Sou muito grato por todas as oportunidades de crescer, pelas palavras de apoio e pelo seu jeito de me motivar a

melhorar cada dia e me ensinar após dois anos a confiar em mim mesmo na clinica ortodôntica. Minha admiração e carinho.

À **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Matilde Gonçalves Nojima**, pelos ensinamentos, pela persistência em me ajudar a melhorar desde o começo quando estava longe do nível dos meus colegas, pelo perfeccionismo, mas, especialmente, pelo carinho e por sempre se preocupar comigo além da ortodontia. Meu eterno carinho a vocês, a família Nojima.

Ao **Prof. Dr. Rodrigo Lopes**, por me socorrer sempre de bom humor e com muita serenidade, pela amizade e as nossas longas conversas cada dia. Tenho muita admiração pelo seu profissionalismo e talento como Professor, mas principalmente por como você consegue ser amigo dos alunos e ser completamente respeitado e admirado ao mesmo tempo.

Aos **alunos da graduação das turmas 2019/1 e 2019/2** 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, Laís Monteiro e Vanilda Antônio Saturnino** por toda dedicação e carinho.

À família **Vargas: Dayse, Eduardo, Daniel, Felipe, Rafael e André**. Pelo carinho que vocês me mostraram a cada dia, por me fazerem sentir que eu não

estava só no Rio de Janeiro, e por abrir as portas da sua casa e consultório sempre que precisei. Guardo com especial carinho no meu coração a cada um de vocês, e as eternas risadas ao redor da mesa.

À minha família no Brasil: **Kleber Alves dos Santos, Janete Fernandes de Oliveira e Renan de Oliveira Santos**. Não tenho palavras para agradecer tudo que vocês fizeram por mim nesses dois anos e ainda antes de tudo começar. Sou muito grato a vocês e admiro profundamente essa forma desinteressada com que vocês entregam amor aos outros. Minha eterna gratidão e carinho a vocês.

Finalmente, agradeço à minha noiva **Karine de Oliveira Santos** por toda a paciência e o amor com que você cuidou de mim nesses dois anos. Por me aturar nos momentos difíceis e me amar profundamente quando mais precisei e menos mereci. Obrigado pelas risadas, as viagens e as alegrias. Você é o amor que faltava à minha vida, e durante esses anos você foi o maior presente que Deus me deu. As pessoas sempre perguntaram o porquê de eu falar português bem, e o motivo daquilo é a sua extrema dedicação por me ensinar a cada dia e corrigir meus erros. Minha eterna gratidão e amor por entregar tanto sem esperar nada em troca. Te amo profundamente.

“A educação é a arma mais poderosa que você  
pode usar para mudar o mundo”.

Nelson Mandela.

## RESUMO

MUÑOZ, Gonzalo. Morfologia e Correlações da Base do Crânio em Paciente com Padrão Esquelético Classe I, II e III. Estudo em CBCT. Orientador: Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2018. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia) nº f.

**Introdução:** O objetivo desse estudo foi avaliar quantitativamente a anatomia 3D da Base do Crânio em pacientes com padrão esquelético Classe I, II e III. **Material e Método:** Um estudo retrospectivo, foi realizado com as imagens de TCFC de 75 pacientes. A amostra foi dividida em três grupos de acordo com o padrão esquelético de cada indivíduo: Classe I, II e III. As Imagens de TCFC foram reorientadas e foi realizada a segmentação dos arquivos. Foram posicionados pontos de referência em Base do Crânio, Maxila e Mandíbula. Posteriormente, foram construídos modelos volumétricos 3D da Base do Crânio, Maxila e Mandíbula. Foram realizadas medidas angulares e lineares utilizando os pontos de referência. As medidas foram utilizadas para avaliar a morfologia da base do crânio e as suas correlações em diferentes padrões esqueléticos. **Análise Estatística:** As diferenças entre os grupos foram testadas usando o teste de ANOVA, e as correlações foram medidas utilizando o teste de correlação de Pearson. **Resultados:** Ainda sem muitas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, foram observadas algumas diferenças menores, onde a Classe II e III se comportam como extremos e a Classe I se comporta como intermediário. Foram observadas diferenças estatisticamente significativas para a posição 3D da Fossa Mandibular ( $p < 0.05$ ) e o Comprimento Mandibular ( $p < 0.05$ ). Foram verificadas correlações entre comprimento Mandibular, comprimento Maxilar e o posicionamento mandibular com uma série de estruturas na Base do Crânio. **Conclusões:** Nossos resultados sugerem que o comprimento mandibular e o posicionamento da fossa mandibular podem estar relacionados com o padrão esquelético do indivíduo.

**PALAVRAS CHAVE:** Base do Crânio, Morfologia, Maloclusões esqueléticas, Segmentação.

## SUMMARY

MUÑOZ, Gonzalo. Cranial Base Morphology And Correlations In Patients With. Class I, II, And III Skeletal Malocclusions. Orientador: Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2018. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Ortodontia) nº f.

**Introduction:** The aim of this study was to quantitatively assess 3D anatomy of CB in patients with Class I, II and II skeletal patterns. **Material and Methods:** This retrospective study sample was composed by CBCT scans of 75 patients. The sample was divided into three groups according to the skeletal pattern: Class I, II and III. The CBCT scans were re-oriented and segmentation was performed. Landmarks were positioned in CB, Mx and Md. 3D models of CB, Mx, and Md were constructed, and linear and angular measurements was performed. Measurements were used to evaluate the CB morphology and correlations on different skeletal patterns. **Statistical Analysis:** The differences among groups were tested by ANOVA test and correlation was performed by Pearson correlation test. **Results:** Even without many significant differences between groups, were observed some differences between groups in most of the measure, where Class II and III have a greater distance between them and Class I behaves as an intermediary. Statistically significant differences were observed for 3D position of MF ( $p \leq 0.05$ ) and mandibular length ( $p \leq 0.05$ ). Correlation between MD length, Mx and Md positioning with some structures was verified. **Conclusions:** Our results suggested that de Md length and MF positioning can be related with de patient skeletal pattern.

**KEY WORDS:** Cranial Base, Morphology, Skeletal Malocclusions, Segmentation.



## RESÚMEN

MUÑOZ, Gonzalo. Morfología Y Correlaciones De La Base Del Cráneo En Pacientes Con Padrón Esquelético Clase I, II y III. Orientador: Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Rio de Janeiro: UFRJ/Facultad de Odontología, 2018. Disertación (Mestrado en Odontología – Ortodoncia) nº f.

**Introducción:** El objetivo de este estudio fue evaluar cuantitativamente la anatomía 3D de la Base del Cráneo en pacientes con padrón esquelético Clase I, II e III. **Material e Método:** Un estudio retrospectivo, fue realizado con las imágenes de TCFC de 75 pacientes. La muestra fue dividida en tres grupos de acuerdo con el padrón esquelético de cada individuo: Clase I, II e III. Las imágenes de TCFC fueron reorientadas y fue realizada segmentación de los archivos. Fueron posicionados puntos de referencia en Base de Cráneo, Maxila y Mandíbula. Posteriormente, fueron construidos modelos volumétricos 3D de Base del Cráneo, Maxila y Mandíbula. Fueron realizadas medidas angulares y lineares utilizando los puntos de referencia. Las medidas fueron utilizadas para avaluar la morfología de la base de cráneo y sus correlaciones en diferentes padrones esqueléticos. **Análisis Estadística:** Las diferencias entre los grupos fueron probadas usando el test de ANOVA, y las correlaciones fueron medidas utilizando el test de correlación de Pearson. **Resultados:** Aun sin muchas diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, fueron observadas algunas diferencias menores, en que la Clase II y III se comportaron como extremos y la Clase I se comporto como intermediario. Fueron observadas diferencias estadísticamente significativas para la posición 3D de la Fosa Mandibular ( $p < 0.05$ ) y la largura Mandibular ( $p < 0.05$ ). Fueron verificadas correlaciones entre largura Mandibular, largura Maxilar y el posicionamiento mandibular con una serie de estructuras en la Base de Cráneo. **Conclusiones:** Nuestros resultados sugieren que la largura mandibular y el posicionamiento de la fosa mandibular pueden estar relacionados con el padrón esquelético del individuo.

**PALAVRAS CLAVE:** Base de Cráneo, Morfología, Maloclusiones esqueléticas, Segmentación.

**LISTA DE SIGLAS**

BC: Base do Crânio

CB: Cranial Base

Md: Mandíbula/ Mandible

Mx: Maxila/ Maxilla

FM: Fossa Mandibular

MF: Mandibular Fossa

TCFC: Tomografia computadorizada de feixe cônico

CBCT: Cone Beam Computed Tomography

EA: Eminencia articular

AT: Articular Tubercle

AP: Antero-Posterior

3D: Tridimensional

ENA: Espinha Nasal Anterior

ANS: Anterior Nasal Spine

ENP: Espinha Nasal Posterior

PNS: Posterior Nasal Spine

## Lista de Figuras

- Figura 1** Imagem ilustrativa dos pontos de referencia na BC.
- Figura2** Imagem ilustrativa dos pontos na Mx e Md.
- Figura 3** Imagem ilustrativa das medidas angulares analisadas na BC
- Figura 4** Imagem ilustrativa das medidas angulares analisadas na entre a FM e TA com a BC
- Figura 5** Imagem ilustrativa das medidas lineares analisadas na entre a FM e TA com a BC
- Figura 6** Imagem ilustrativa da medida utilizada para analisar o comprimento da BC
- Figura 7** Imagem ilustrativa das medidas angulares feitas em sentido sagital

## Lista de Figuras

- Figure 1** Figure to represent the landmarks at the CB
- Figure 2** Figure to represent the landmarks at the Mx and Md
- Figure 3** Figure to represent and Example of Angle construction method. Angle of vertically inclination of palatal plane with respect of cranial base

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b>	Tabela explicativa dos pontos de referência na BC
<b>Tabela 2</b>	Tabela explicativa dos pontos de referência na Mx e Md
<b>Tabela 3</b>	Tabela explicativa das medições realizadas no plano axial
<b>Tabela 4</b>	Tabela explicativa das medições realizadas no plano sagital

## Lista de Tabelas

<b>Table I</b>	Landmarks at CB
<b>Table II</b>	Landmarks at Mx and Md
<b>Table III</b>	Linear Measurements
<b>Table IV</b>	Angular Measurements
<b>Table V</b>	Means and Standard Deviation of Linear Measurements
<b>Table VI</b>	Means and Standard Deviation of Angular Measurements
<b>Table VII</b>	Pearson Correlation Test
<b>Table VIII</b>	ICC

## ÍNDICE

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 PROPOSIÇÃO.....	5
3 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	6
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....	17
4.1 ARTIGO 1: Munoz G, Rego MVNN, Cunha AC, Visconti MAP, Cevidades L, Ruellas ACO. Cranial Base Morphology And Correlations In Patients With Class I, Ii, And Iii Skeletal Malocclusions, A ser submetida à revista American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics .....	18
5 CONCLUSÃO.....	44
6 RECOMENDAÇÕES .....	45
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (introdução, delineamento da pesquisa, discussão)	47
8 ANEXOS .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

Diferentes variações esqueléticas muitas vezes relacionam-se às alterações de diversas estruturas anatômicas. Desta forma, torna-se importante conhecer as particularidades destas estruturas, bem como reconhecer as variações individuais correlacionando-as às características particulares de cada indivíduo.

Alguns autores afirmam que determinadas alterações em estruturas anatômicas específicas podem estar diretamente relacionadas com o estabelecimento de algumas maloclusões e desordens crâniomandibulares (Hopkin *et al.*, 1968; Gkantidis e Halazonetis, 2011; Chin *et al.*, 2014; Halicioglu *et al.*, 2014; Al Taki *et al.*, 2015).

Estruturas anatômicas como a Fossa Mandibular (FM) e o côndilo mandibular variam quanto a morfologia e posição, dependendo do tipo de maloclusão anteroposterior (AP) que o indivíduo apresenta. Alguns estudos relataram associação entre comprimento maxilar reduzido com variações na base craniana (BC) (Katsavrias e Halazonetis, 2005; Chin *et al.*, 2014; Gong *et al.*, 2016). Em estudos anteriores, o comprimento total AP da BC foi relacionado com maloclusões anteroposteriores, tendo na Classe II o comprimento significativamente maior que na Classe III (Dhopatkar *et al.*, 2002; Chang *et al.*, 2005; Alves *et al.*, 2008). Contudo, existe a necessidade em ainda avaliar algumas



característica esqueléticas por meio de exames tridimensionais (3D), pois esses não possuem as limitações inerentes aos exames bidimensionais, como por exemplo, superposição de estruturas (Gong *et al.*, 2016).

No estudo da anatomia, as relações entre as diferentes estruturas podem ser interpretadas de diferentes maneiras dependendo do tipo de exame utilizado, dos diferentes pontos de referência e da posição do paciente durante a obtenção do exame (Pandis *et al.*, 1991; Cevidanes, Ruellas, *et al.*, 2015). Dessa forma, torna-se importante a utilização de um método de diagnóstico preciso que permita o correto posicionamento das estruturas a serem estudadas e a padronização das imagens obtidas. Assim, é possível analisar qualquer tipo de alteração presente nas estruturas anatômicas envolvidas de maneira eficiente e confiável (Schilling *et al.*, 2014).

Os exames complementares para o diagnóstico mais frequentemente utilizados na prática ortodôntica são as radiografias panorâmicas, projeções transcranianas e a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). A TCFC possui vantagens frente aos demais exames tomográficos, como baixa dose de radiação, fácil posicionamento do paciente e melhor custo-benefício, além de prover imagens com alta qualidade, acurácia e baixo ruído (Larheim *et al.*, 2015; Ganugapanta *et al.*, 2017).

O estudo por meio de imagens em TCFC permite visualizar estruturas nas três dimensões do espaço, sendo esse exame mais vantajoso no que diz respeito à análise dos tecidos ósseos. A TCFC caracteriza-se por apresentar imagens com limites bem definidos e nenhuma distorção. Por outro lado, há correspondência com a escala de Unidades Hounsfield, já consagrada para análise de densidade óssea

quando se trata da tomografia computadorizada de multidetectores (TCMD) (Bag *et al.*, 2014; Cevidanes, Gomes, *et al.*, 2015; Cevidanes, Ruellas, *et al.*, 2015).

Atualmente os exames de TCFC permitem a 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, Ruellas, *et al.*, 2015; Ruellas, A. C. *et al.*, 2016).

Visando diminuir as variações inerentes à técnica, as imagens devem ser analisadas e mensuradas utilizando diversas ferramentas de orientação e padronização de medidas que permitem reprodução precisa do que se pretende avaliar. Assim, torna-se importante realizar a correta aquisição da imagem, registro, construção de arquivos volumétricos 3D, análise visual da variabilidade morfológica e as alterações em 3D (Cevidanes, Ruellas, *et al.*, 2015).

Para maior confiabilidade dos estudos realizados com imagens, sua aquisição deve ser feita de forma que permita estabelecer um sistema comum de coordenadas para a realização de comparações entre grupos, evitando a utilização de somente uma linha ou um plano. Este procedimento pode refletir principalmente nas quantificações das mudanças no sentido anteroposterior, vertical e transversal, que precisam de orientações consistentes para todos os sujeitos. Sendo assim, a aquisição da imagem deve ser feita utilizando a posição natural da cabeça, com planos de referência ou minissensores, para registrar e padronizar a posição inicial dos pacientes do grupo de estudo (Cevidanes, L. H. , *et al.*, 2015;).

Finalmente, estudos anteriores (Chin *et al.*, 2014; Gong *et al.*, 2016) concordaram que a TCFC é mais viável que as radiografias cefalométricas para

análise da BC e que mais estudos precisam ser realizados, relacionando a mesma com base da mandíbula e maxila nas três dimensões do espaço, comparando populações específicas. Desta forma, objetiva-se avaliar a morfologia da Base do Crânio e a sua correlação com o comprimento e posicionamento vertical da Maxila e a Mandíbula, em pacientes classe I, II e III esqueléticas.

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo desse estudo é avaliar, utilizando-se imagens de TCFC, a morfometria da BC, e a correlação de mesma com o comprimento e posicionamento vertical da Mx e Md, em pacientes classe I, II e III esqueléticas.

**2.1 Objetivos 1:** Realizar a análise Morfométrica da BC descrevendo a posição de diferentes pontos anatômicos marcados na reconstrução volumétrica e verificar possíveis diferenças entre as diferentes Classes esqueléticas.

**2.2 Objetivos 2:** Verificar possíveis diferenças no comprimento e posicionamento vertical da Mx e Md nas diferentes Classes esqueléticas.

**2.3 Objetivos 3:** Verificar uma possível correlação entre a morfometria da BC, o comprimento total e a posição da Mx e Md.

### **3 DELINEAMENTO DA PESQUISA**

Foi realizado estudo descritivo, observacional, onde foram avaliadas e realizadas medidas na BC, o comprimento da Mx e Md, e o posicionamento vertical de Mx e Md em pacientes Classe I, II e III esquelética.

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 numero 3.107.013. O estudo foi realizado em tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) iniciais de pacientes atendidos na clinica de Ortodontia da UFRJ.

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 mesmos.

Todos os exames tomograficos a serem utilizadas foram obtidos no tomógrafo Kodak K9500® (Carestream Health, Rochester, USA) com Voxel (Volumetric Picture Element) de 0,3 mm, FOV (field of view) de 18 cm x 20,6 cm e tempo de rotação de 10,8 segundos. Os pacientes foram posicionados de

maneira padronizada, com o plano de Frankfurt paralelo ao solo, e as imagens tomográficas foram avaliadas e categorizadas em três grupos (Classe I, II e III), inicialmente no Software Dolphin Image.

Seguindo os resultados do cálculo amostral realizado no programa Bioestat (versão 5.3), foram selecionados 75 pacientes, os quais foram divididos de acordo com o valor do ângulo ANB, em três grupos distintos, com 25 pacientes cada. Grupo Controle: Classe I ( $0 \leq \text{ANB} \leq 4,5^\circ$ ), Grupo 1: Classe II ( $\text{ANB} > 4,5^\circ$ ) e Grupo 2: Classe III ( $\text{ANB} < 0^\circ$ ). foram incluídos pacientes de ambos os sexos, de 20 a 30 anos de idade.

Os critérios de exclusão que foram utilizados envolveram pacientes sintomáticos, pacientes com sinais e sintomas de DTM, pacientes com tratamento ortodôntico prévio ou que tenham realizado ajuste oclusal recente, perdas dentárias precoces com migração ou agenesia dentária, doenças sistêmicas, doença periodontal, mordida cruzada (nos grupos Classe I e II), desvio mandibular durante o fechamento maior que 2mm, histórico de trauma, desarmonia mastigatória e hábitos parafuncionais.

Para manipular e analisar os TCFC, os arquivos DICOM foram convertidos ao formato gipl.gz usando o software de código aberto ITK-SNAP (<http://www.itksnap.org>).

Foi produzida uma segmentação semiautomática no Software ITK-SNAP, 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 foram 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 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 resultado final da segmentação foi utilizado para construir modelos de superfície 3D, que foram analisados realizando avaliações quantitativas e qualitativas usando a ferramenta Q3DC do software Slicer v4.4 (Um software aberto).

Para evitar as variações produzidas por orientações diferentes entre as aquisições, a cabeça foi orientada utilizando três planos: 1) O plano sagital mediano, 2) o Plano de Frankfurt. 3) eixo transporiônico (Ruellas, 2016).

O plano sagital mediano foi construído pela delimitação de três estruturas na base do crânio: 1) vértice superior da crista galli, 2) Ponto Sela, 3) Ponto Básio. O plano de Frankfurt foi determinado pela delimitação bilateral de duas estruturas: 1) pório anatômico, 2) ponto orbitário. Finalmente, o eixo transporiônico foi construído unindo os dois pório anatômicos. Os modelos de superfície 3D de cada indivíduo da amostra foram movimentados até que estes planos e eixos estivessem coincidentes com o sistema de planos perpendiculares entre si oferecido pelo programa 3D Slicer.

As estruturas de interesse, as quais foram verificadas nos planos sagital, axial e coronal, e nomeadas com diferentes siglas a fim de estabelecer diferentes tipos de relações anatômicas com estruturas adjacentes, foram marcadas e estão descritas na Tabela 1 e Figura 1 (BC), na Tabela 2 e Figura 2 (Mx e Md).

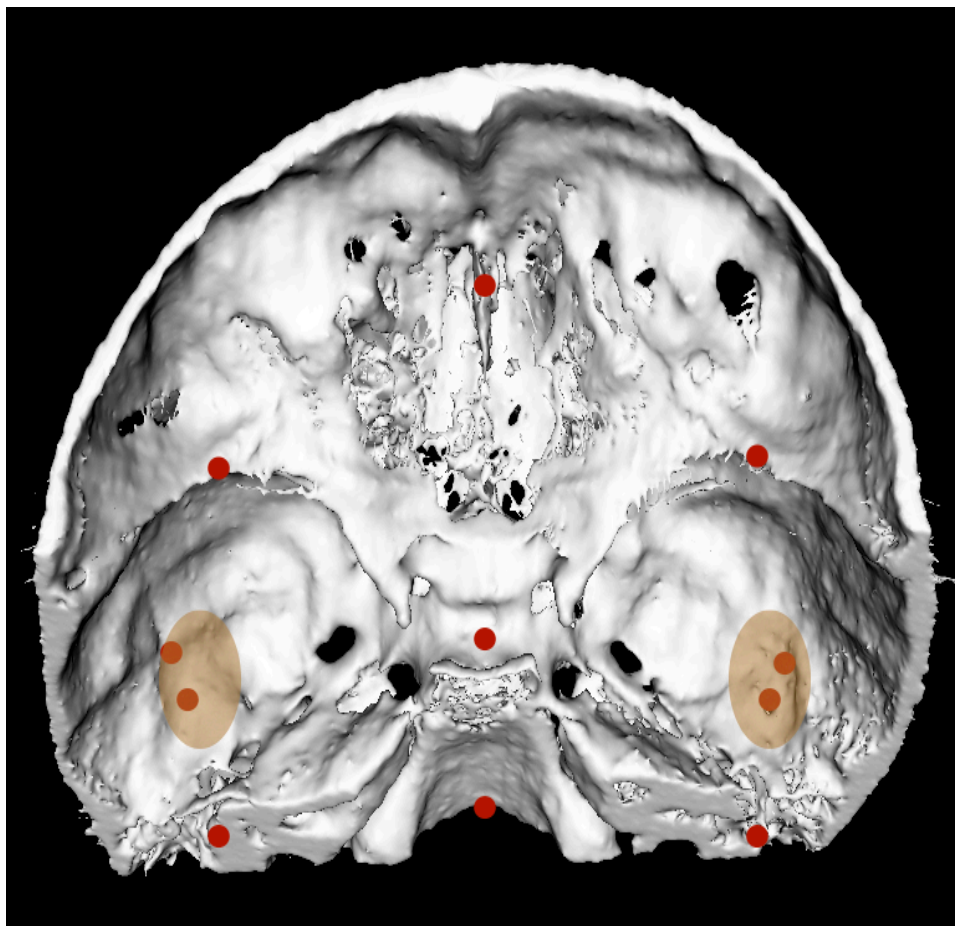
**Tabela 1** Pontos de referência na BC

<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
<b>S</b>	Centro geométrico da sela túrcica
<b>Cr</b>	Ponto mais alto da crista galli
<b>Ba</b>	Ponto mais anterior e médio do forame magno
<b>Sf (Sf')</b>	Ponto localizado na maior concavidade da borda posterior da asa menor do esfenoide
<b>Pp (Pp')</b>	Ponto mais alto da junção da crista superior da pirâmide petrosa do osso temporal e da superfície interna do osso parietal
<b>Ea(Ea')</b>	Ponto mais inferior do Tubérculo articular direito e esquerdo
<b>F(F')</b>	Ponto mais superior da FM
<b>Op</b>	Ponto mais posterior e médio da borda posterior do forame magno

**Tabela 2** Pontos de referência na Mx e Md

<b>Pontos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Co</b> <b>Co'</b>	Ponto mais alto do côndilo direito e esquerdo
<b>Pog</b>	Ponto mais anterior sobre o contorno anterior do mento
<b>ENP</b>	Ponto localizado na extremidade da espinha nasal posterior
<b>ENA</b>	Ponto localizado na extremidade da espinha nasal anterior

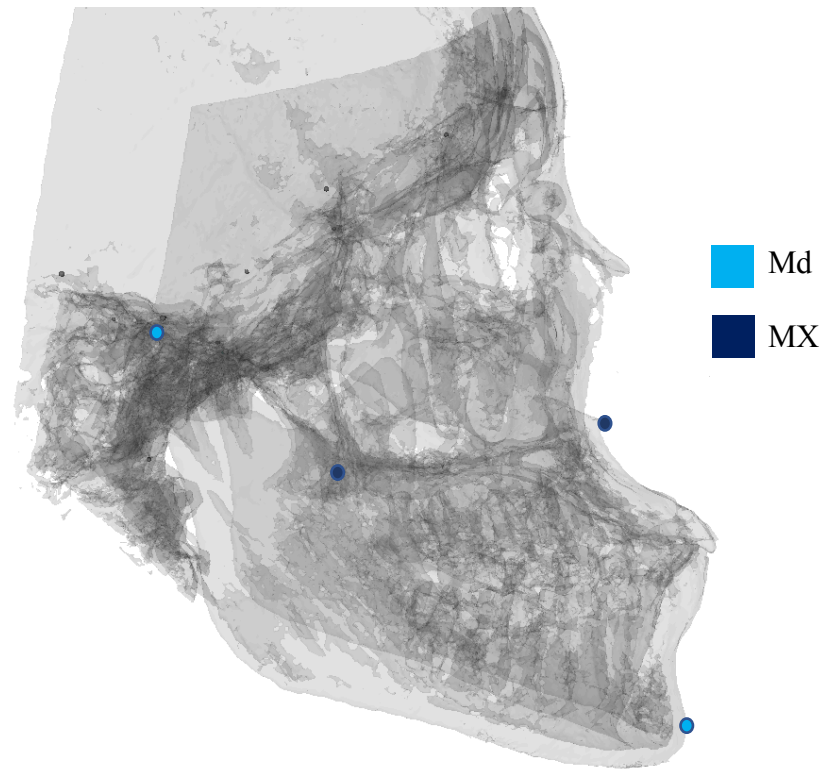




■ Pontos na Margem Superior

● Pontos na Margem Inferior

**Figura 1.** Pontos na BC



**Figura 2.** Pontos na Mx e Md

Foram realizadas avaliações quantitativas unindo os pontos de referência e estabelecendo a relação entre os mesmos nos diferentes planos no espaço, utilizando a ferramenta quantification of 3D components (Q3DC), do software Slicer 3D.

Foram caracterizadas as seguintes medições:

- 1) medições no plano axial. **Tabela 3, Figuras 3, 4, 5 e 6**
- 2) medições no plano sagital. **Tabela 4, Figura 7**

**Tabela 3** Medições no plano axial

<b>Pontos</b>	<b>Descrição</b>
Sf-S-Sf'	Ângulo do segmento anterior da BC.
Sf-S-Pp / Sf'-S-Pp'	Média dos ângulos do segmento médio da BC.
Pp-S-Pp'	Ângulo do segmento posterior da BC.
Ea-Cr-Ea'	Ângulo das eminências articulares em relação à base anterior do crânio.
Ea-S-Ea'	Ângulo das eminências articulares em relação à base media do crânio.
Ea-Ba-Ea'	Ângulo das eminências articulares em relação à base posterior do crânio.
F-Cr-F'	Ângulo da FM em relação à base anterior do crânio.
F-S-F'	Ângulo da FM em relação à base media do crânio.
F-Ba-F'	Ângulo da FM em relação à base posterior do crânio.
F-S	Distância do Ponto F ao ponto Cl.
F'-S	
Ea-S	Distância do Ponto Ea ao ponto Cl.
Ea'-S	
Ba-Cl	Distância do ponto Ba- Cl.
Cl-Cr	Distância do ponto Cl- Cr.

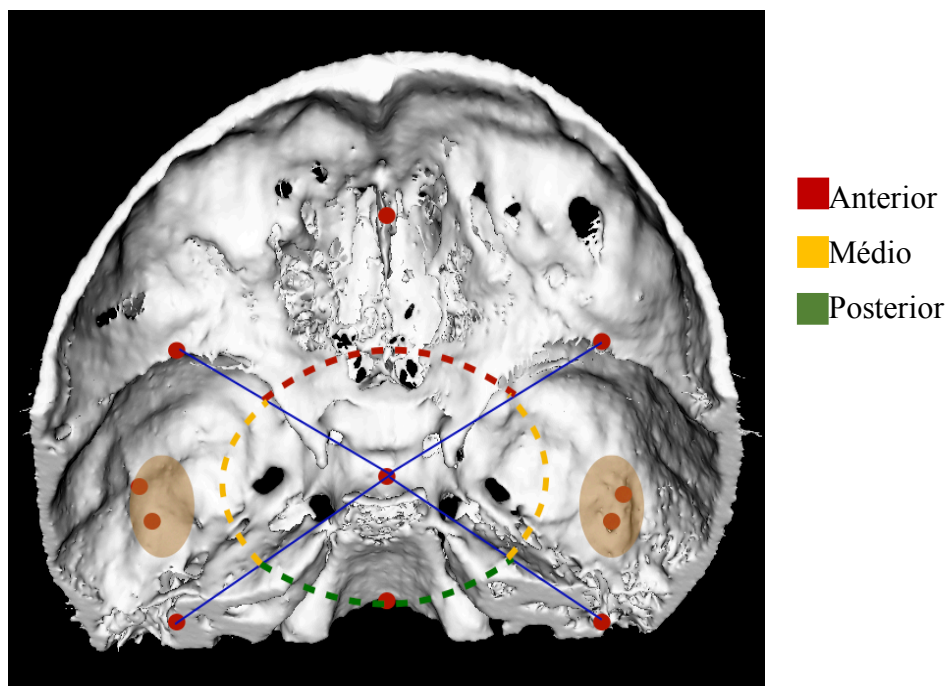


Figura 3. Ângulos da BC

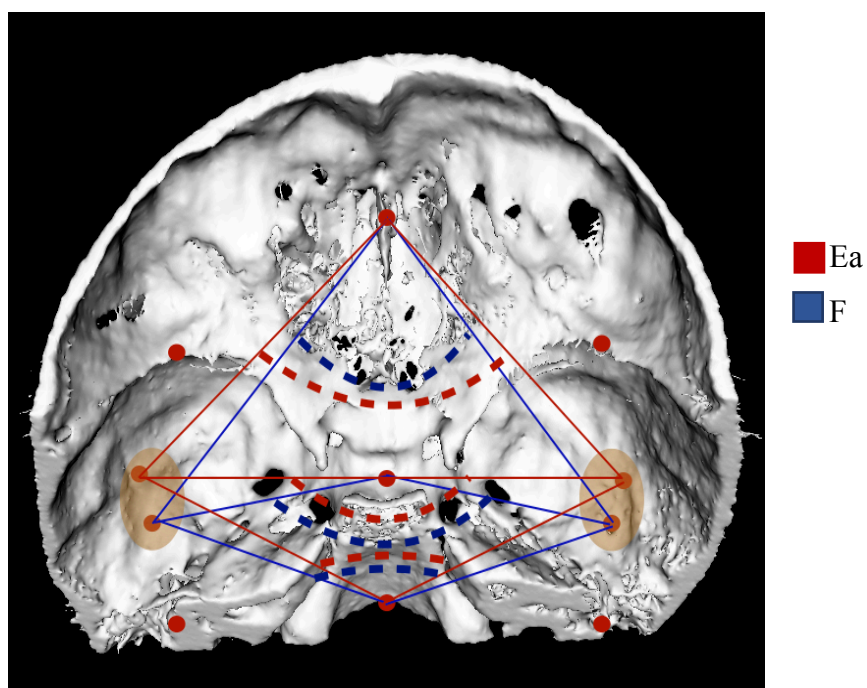


Figura 4. Ângulo da Ea e F com a BC

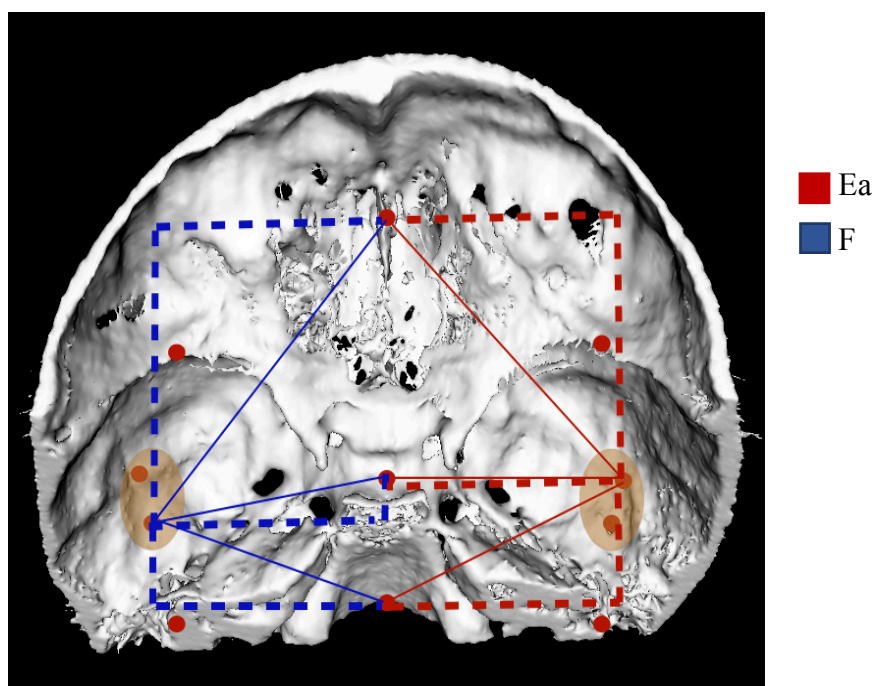


Figura 5. Medidas lineares Ea e FM

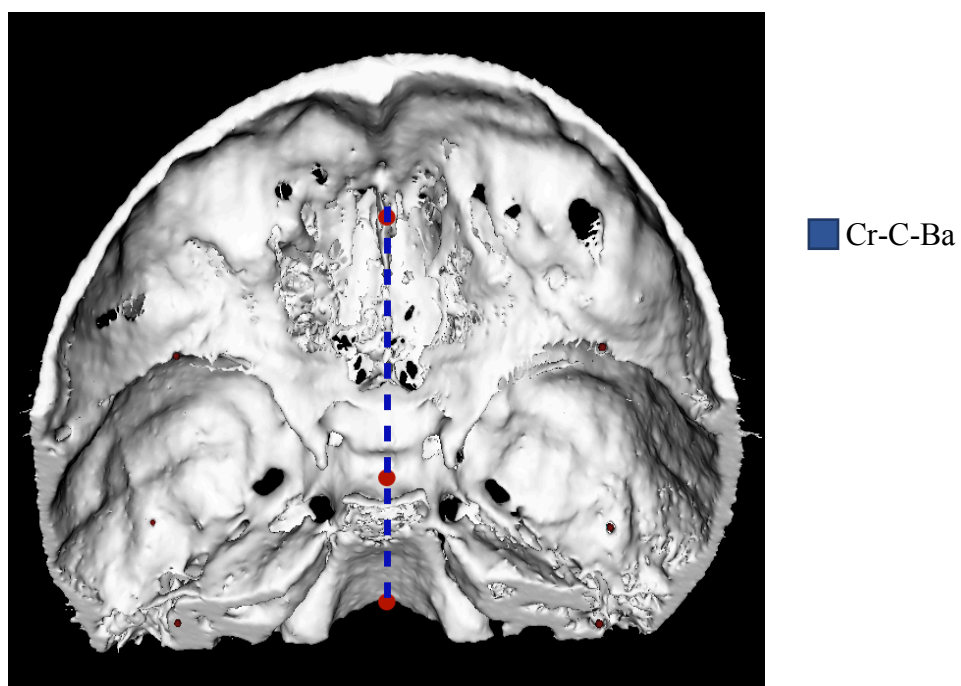
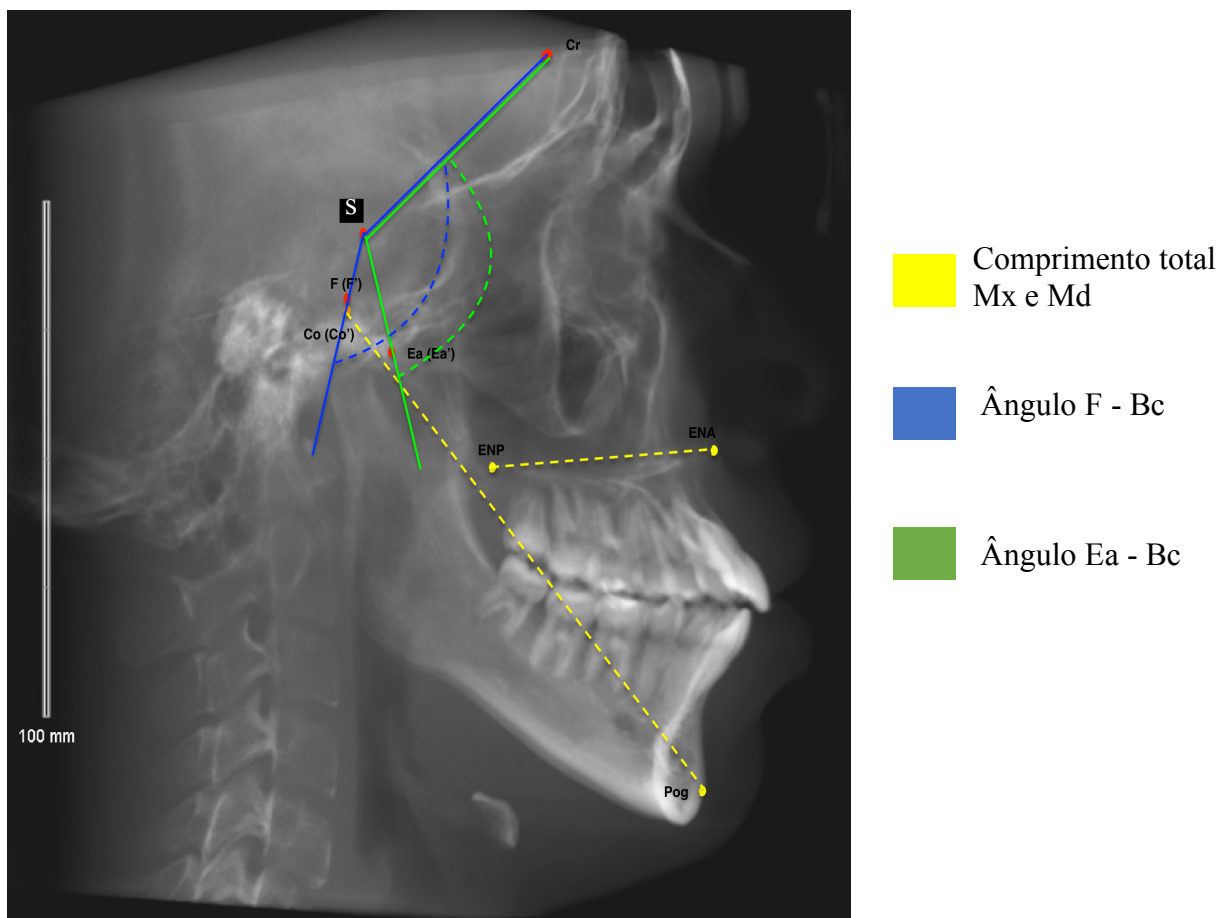


Figura 6. Comprimento da BC (Cr, S e Ba).

**Tabela 4.** Medições no plano sagital.

Pontos	Descrição
Co-Pog	Comprimento da Md
ENP-ENA	Comprimento da Mx
Cr-CI-Ea	Ângulo da Tubérculo Articular em relação a BC
Cr-CI-Ea'	
Cr-CI-F	Ângulo do ponto mais alto da FM em relação à BC.
Cr-CI-F'	
Cr-CI-Ba	Angulação da BC

**Figura 7.** Medidas angulares e lineares no sentido sagital.

Tanto a segmentação quanto orientação da cabeça, marcação dos pontos de referência e medição das linhas e ângulos foram feitas pelo mesmo operador.

Foi realizado ICC do estudo, em dois tempos diferentes, selecionando 20% dos pacientes (total de 15 pacientes) com intervalo de 15 dias entre cada coleta de dados, a fim de verificar o nível de erro do observador e estabelecer adequada calibração das medidas. Um outro operador entregou os arquivos ao operador que realizou as medidas e o mesmo esteve cego para a ordem, o nome e o número do arquivo que foi analisado.

Os resultados foram tabulados e analisados. Foi realizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup> para verificar a distribuição dos dados. Foi verificada uma distribuição normal dos dados. Foi realizada análise descritiva para todas as variáveis e o Test ANOVA para verificar as diferenças entre os grupos. Finalmente foi realizado o Teste de Correlação de Pearson para verificar a existência correlação entre as posições das diferentes estruturas analisadas.

## **4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

### **4.1 ARTIGO 1**

Muñoz G, Cunha A, Visconti MA, Cevidanes, LHS, Ruellas ACO. Cranial Base morphology ang correlations in patients with Class I, II, and III skeletal malocclusions. A ser submetido para publicação no periódico: “American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics”.



## ARTIGO 1

### CRANIAL BASE MORPHOLOGY AND CORRELATIONS IN PATIENTS WITH CLASS I, II, AND III SKELETAL MALOCCLUSIONS

Gonzalo Alejandro Muñoz Arias<sup>a</sup>, Amanda Carneiro da Cunha<sup>c</sup>, Maria Augusta  
Portela Visconti<sup>d</sup>, Antônio Carlos de Oliveira Ruellas<sup>c,e</sup>.

<sup>a</sup> Master Student, Department of Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

<sup>b</sup> Professor, Department of Orthodontics, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil.

<sup>c</sup> Professor, Department of Radiology, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil

<sup>d</sup> Professor, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, University of Michigan, United States of America.

**Corresponding Author:** Antônio Carlos de Oliveira Ruellas. Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brazil. Email: [aruellas@umich.edu](mailto:aruellas@umich.edu)

## ABSTRACT

**Introduction:** The aim of this study was to quantitatively assess the 3D anatomy of the cranial base (CB), maxilla (Mx) and mandible (Md) in patients with Class I, II and III skeletal patterns. **Material and Methods:** This retrospective study sample was composed by CBCT scans of 75 patients. The sample was divided into three groups according to the skeletal pattern: Class I (ANB= 0-4), II (ANB>4.5) and III (ANB<0). The CBCT scans were re-oriented and segmentation was performed. Landmarks were positioned in CB, Mx and Md. 3D models of CB, Mx, and Md were constructed, and linear and angular measurements were performed. Measurements were used to evaluate the CB, Mx and Md morphology and correlations on different skeletal patterns. **Statistical Analysis:** The differences among groups were tested by ANOVA test and correlation was performed by Pearson correlation test. **Results:** Even without many significant differences between groups, it was observed some differences between groups in most of the measurements, where Class II and III have a greater distance between them and Class I behaves as an intermediary. Statistically significant differences were observed for 3D position of mandibular fossa (MF) ( $p<0.05$ ) and Md length ( $p<0.05$ ). Correlation between palatal plane inclination (Mx) and CB angle was verified ( $r=0.662$ ). **Conclusions:** Md length and MF positioning were the main differences between class I, II and III skeletal patterns.

**KEY WORDS:** Cranial Base, Morphology, Skeletal Malocclusions, Segmentation.

## INTRODUCTION

Anatomic changes can be related to the establishment of different malocclusions and craniofacial disorders<sup>1; 2; 3; 4; 5</sup>. Anatomic structures such as mandibular condyle and temporomandibular joint (TMJ) showed differences in morphology and positioning related to the type of malocclusion and facial pattern of patients. Some authors reported an association between the maxillary length and Cranial Base (CB) morphology, with significant statistically differences between skeletal classes II and III<sup>3; 6; 7; 8</sup>. Alarcon et al.<sup>9</sup> reported that a large percentage of malocclusion would be originated in structures of CB on which orthodontists and surgeons have no capacity to approach and intervene therapeutically. Recognizing the normal morphology becomes even more important in cases of facial dysmorphism.

In order to eliminate the limitations of the bidimensional analysis, which includes structures superimposition, it is required to evaluate the same characteristics with a 3D analysis<sup>7</sup>. In anatomical studies, the relationship between two structures can be interpreted in different ways depending on the type of radiographic examination, points of references and patient positioning during the image acquisition<sup>10; 11</sup>.

Therefore, an accurate diagnostic method is important for this type of research, with the right positioning of the structures to be analyzed and images

standardization, so that it will be possible to analyze any type of alteration in the anatomical structures involved in an efficient and reliable form<sup>12</sup>.

The most common diagnostic exams used in orthodontic practices are panoramic radiographs and Cone Beam Computed Tomography (CBCT). The CBCT has many advantages over others tomographic exams, such as low radiation doses, easy patient positioning and better cost-effectiveness, as well as providing images with high quality and accuracy<sup>13; 14</sup>.

The CBCT allows to analyze structures in the three planes of the space, being CBCT more advantageous when it comes to the analysis of the bone tissue. This exam is characterized by presenting images with well-defined limits and insignificant distortion<sup>11; 15</sup>.

Currently, CBCT exams allow the use of several tools, such as the segmentation. Segmentation is the demarcation and identification process of anatomical structures of interest for exploration. Thus, 3D representation of soft and hard tissues can be obtained with precise delimitation of the structures<sup>16; 17; 18</sup>.

In order to reduce the variations of technique, the images must be analyzed and measured using several tools of orientation and standardization of measurements, which allows an accurate reproduction of what will be evaluated. Thus, it is important to perform the correct image acquisition, registration, construction of 3D volumetric files, visual analysis of morphological variability and 3D changes<sup>16</sup>.

Finally, previous researches have agreed that CBCT is more feasible than cephalometric radiographs for the analysis of the cranial base. Therefore, further

studies should be performed relating CB, the basis of the Mx and Md in the three dimensions of space, comparing specific populations<sup>3; 7</sup>.

The aim of this study was to quantitatively assess 3D morphology of CB, Mx and Md in patients with Class I, II and III skeletal patterns.

## **MATERIAL 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 3.107.013). It was a descriptive, retrospective observational study. The sample was composed by CBCT scans and clinical records from patients who were Class I, II and III skeletal patterns. The inclusion criteria were: (1) patients of both sexes; (2) from 20 to 30 years old. The exclusion criteria were (1) syndromic patients; (2) patients with TMJ abnormalities; (3) previous orthodontic treatment; (4) recent occlusal adjustment; (5) early dental loss with migration or dental agenesis; (6) systemic diseases; (7) periodontal disease; (8) crossbite; (9) mandibular deviation during closure greater than 2mm; (10) history of dental or facial trauma; (11) masticatory disharmony; and (12) parafunctional habits. CBCT scans were acquired before treatment.

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. Steiner cephalometric 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 ( $\text{ANB} < 0^\circ$ ). Following the results of the sample calculation carried out in software Bioestat 5.3, each group was composed of 25 subjects.

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 CB, Mx and Md were constructed by outlining the cortical threshold using a semiauto-matic procedure (ITK-SNAP software; [www.itksnap.org](http://www.itksnap.org))<sup>16</sup>.

To avoid variations produced by different orientations between image acquisitions, the head was re-oriented using three planes: (1) median sagittal plane, (2) Frankfurt plane; and (3) transporionic axis.<sup>18</sup>

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  $90^\circ$  to each other<sup>18</sup>.

Using at the segmentation, coronal, axial and sagittal images, the landmarks were positioned in specific places in the CB, Mx and Md, as described in Table I and II. 20% of the sample (15 subjects) was re-evaluated and the landmarks were re-positioned on average 15 days after first procedure, to perform the interobserver ICC.

3D models of CB, Mx and Md with previously landmarks selected were constructed, and this corresponding files were converted to .STL Files to be

manipulated and measured in Slicer 3D, an open code Software. The structures and the corresponding points were differentiated by the using different colors in both the model and landmarks (Figure 1 and 2). Linear and angular measurements were performed by joining the different Landmarks using the Q3DC Tool in 3D Slicer Software (Figure 3), as described in Table I.

The measurements (Table II) were used to evaluate the CB Morphology, MF anatomical correlations, CB Morphology related to Mx and Md length and vertically positioning on different skeletal patterns.

The results were grouped according to the skeletal pattern and were tabulated to be subjected to statistical analysis.

## **STATISTICAL ANALYSIS**

The reliability of the 3D measurements was assessed by repeating landmark positioning and measurements on the CBCT images of 15 randomly selected subjects. 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 intraclass correlation coefficient (ICC) was used.

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

The differences among the groups were tested by using the ANOVA analysis of variance.

The Pearson test of correlation was used to establish correlations between all analyzed parameters.

## RESULTS

3D measurements also showed high intraobserver reproducibility for all references points (ICC 0.97).

The CB antero-posterior length (Basium – Sella; Sella – Galli Crest) showed similar results in the three groups (table IV). Means for anterior, median and posterior CB segment (angular measurement) were similar in the three groups with no statistically significant differences (Table V). The CB angle (sagittal reference plane - Pitch) showed no statistically differences between groups (Table V).

Regarding MF positioning, there was a statistically significant difference between groups II and III ( $P < 0,05$ ), and group I had no differences in comparison to groups II and III (Table V). When compared the Mandibular Fossa vertical positioning at the sagittal plane (Cr-S-F(F')), the three groups had a similar mean, with no statistically differences. The Positioning of Articular Tubercle (AT) was similar for the three groups at the sagittal and coronal planes (Table IV - V).

The three groups were compared in order to evaluate the Mx length. The ANOVA test showed no statistical difference. The Md length showed statistically significant differences between groups II and III ( $p < 0,05$ ), and group I behaved as an intermediary between the three groups (Table IV).

The vertical inclination of Maxilla (ANS-PNS) and Mandible (Co-Pog) were similar in the three groups with no statistically significant differences (Table V).



Finally, the Pearson correlation test showed a positive correlation between vertical positioning of palatal plane with cranial base angle ( $r=0.662$ ), and no correlation between Md length with cranial base morphology was shown (Table VI).

## DISCUSSION

Many anatomical structures can be related to malocclusions. The aim of this study was to recognize which structures may be directly related to class I, II and III skeletal patterns.

For the purpose of comparing measurements, orientation of the records is needed. The CBCT scans need to be oriented so that a reproducible position is achieved. The orientation was obtained using as reference structures that have no influence during image acquisition; (1) S Point; (2) GC; (3) Ba; (4) Porium and (5) Orbital were used to build a reliable and reproducible orientation system.<sup>17</sup>

When analyzed Mx and Md length, the Mx length showed no statistically significant differences between the groups ( $\alpha=0.05$ ), which corroborates the findings of Sangarnjanavanich. et al.<sup>19</sup>, On the other hand, it differs from the results found by Dhopatkar et al.<sup>20</sup>, who observed statistically significant differences between Class I and III, and also with Khoja et al.<sup>21</sup>, who found statistically significant differences between Class II and III. However, when compared the mean values of the three groups, it is possible to view a size ratio that increases from class III to class II.

Md length evidenced statistically significant differences between Class II and III ( $\alpha=.010$ ), and Class I behaved like an intermediary between the groups (Class I-II  $\alpha=.274$ ; Class I-III  $\alpha=.253$ ) These results contrast to the findings of Sanggarnjanavanich et al.<sup>19</sup>, who reported statistically significant differences between class I and III, but corroborate the findings of Dhopatkar et al.<sup>20</sup>, Khoja et al.<sup>21</sup> and Proff et al.<sup>22</sup>, who reported statistically significant differences between classes II and III.

The CB morphology was analyzed by two different parameters: (1) Linear measurements and (2) angular measurements.

Researchers used the Nasion as reference point to represent the anterior part of CB in lateral cephalometric radiography. The Nasion is a middle point of a 3D structure, generated from superimposition, which makes it difficult to be marked in a 3D image. To represent the anterior part of CB, this study selected the vertex of the GC, a point which is easily marked. The anterior segment of the CB was performed by the union of vertex of GC to S point, (Cr-S) that showed no statistically significant differences ( $\alpha=.704$ ). Our findings corroborate the findings from Proff et al.<sup>22</sup>, but differs from other researches that reported significant differences between Class I, II and III<sup>19; 20; 23</sup>. However, these differences may have been influenced by the used of different points of reference to represent the same segment of CB. A reliable and reproducible method to mark the Nasion point in 3D images should be developed in future researches.

Dhopatkar et al.<sup>20</sup> reported significant differences between classes I and II for middle segment of CB, performed by the union of S point and Ba point, contrasting with our results, which showed no statistically significant differences ( $\alpha=.257$ ), but

corroborates the findings of Chin et al.<sup>3</sup>, Kasai et al.<sup>24</sup>; Chang et al.<sup>23</sup> and Proff et al.<sup>22</sup>, who also found no differences. These differences between findings may have been influenced by ethnic characteristics of the samples, which was also reported by Ishii et al.<sup>25</sup>.

A third parameter that would be analyzed was the posterior segment of the CB (Opisthion to Ba Point), but the image size of the CBCT does not always capture this landmark because it is in a very posterior position, configuring a limitation of this study sample.

By reproducing the methodology proposed by Kim et al.<sup>26</sup>, we performed a division of CB into three parts, for angular measurements. The anterior, middle and posterior CB were composed by the union of the three points. The anterior cranial base, performed by the union of Sp-S-Sp' landmarks, showed no statistically significant differences between groups ( $\alpha=.202$ ). The median cranial base, composed by the union of Sp-S-Pp (Sp'-S-Pp'), showed no statistically significant differences between groups ( $\alpha=.528$ ). Finally, the posterior cranial base, composed by the union of Pp-S-Pp' Landmarks, had no statistically significant differences between groups ( $\alpha=.493$ ). Our findings corroborate the results obtained by Kim et al.<sup>26</sup>, who found no statistically significant differences between Classes I and patient with Md prognathism.

The literature described two methods to represent the Cranial base angle at sagittal plane, (1) the first performed by the union of Nasion, S point and Articulare<sup>8</sup>; <sup>20; 23</sup>, and (2) the second one by the union of Nasion- S point and Ba<sup>19; 20; 22; 23</sup>. The Articulare is a point generated from the superimposition of two structures in cephalometric radiographs and non-existent in CBCT scans, which makes it

impossible to perform this analysis in a 3D study, and Nasion is a point that we consider difficult to be marked. To perform the Cranial base angle, three points were used: (1) GC, (2) S point and (3) Ba. The ANOVA test showed no statistically significant differences between groups ( $\alpha=.869$ ), contrasting the findings of Sangarnjanavanich et al.<sup>19</sup>; Dhopatkar et al.<sup>20</sup> and Proff et al.<sup>22</sup>, who found significant differences between the groups. However, the analysis of Chang et al.<sup>23</sup> and Alves et al.<sup>8</sup> showed no differences between the groups. Alves et al.<sup>8</sup> concluded that it is important to remember that CB angle is not the only factor involved in determining malocclusion, and this is of paramount importance for this study since it was a Brazilian sample on the study. On the other hand, the differences between our results and other studies can be influenced by the use of a different point to represent the anterior part of CB.

The positioning of MF in the CB was analyzed to have an approximate position of TMJ with respect to CB. linear and angular measurements were performed. The distance between mandibular fossa and S point (F-S) evidenced no statistically significant differences according to the ANOVA test ( $\alpha=.118$ ) for each group, corroborating the findings of Innocenti et al.<sup>27</sup>, who showed no significant differences between Classes I and III. Nevertheless, even without significant differences, a small difference was observed between the groups, where the positioning of the mandibular fossa was more posterior in class II.

By angular analysis, the mandibular fossa median positioning (F-S-F') evidenced statistically significant differences between Classes II and III ( $\alpha=.033$ ), and Class I behaved like an intermediary between each group (Class I-II  $\alpha=.84$ ; Class I-III  $\alpha=.959$ ). These results showed that the positioning of the mandibular fossa was more posterior in class II. The mandibular fossa posterior positioning (F-

Ba-F') did not show statistically significant differences ( $\alpha=.088$ ). Mengi et al.<sup>28</sup> developed a cephalometric study to evaluate the effect of the MF location on the craniofacial morphology. His findings corroborates our results, as he concluded that the Mandibular Fossa position should be made an essential part of cephalometric analysis for diagnosing craniofacial malocclusions, and this structure position has a significant influence on the craniofacial morphology of skeletal classes I, class II, and class III malocclusions.

In order to corroborate our results regarding the TMJ positioning, it was selected another way to have an approximate position of TMJ with respect to CB, performing the study of 3D positioning of Articular Tubercle. By this means, linear and angular measurements were performed; both linear (AT-S Point) and angular measurements (AT-S-AT' and AT-Ba-AT') showed no statistically significant differences ( $\alpha=.226$ ;  $\alpha=.443$ ;  $\alpha=.442$ , respectively), suggesting that the positioning of TMJ had no statistically significant differences between skeletal Classes I, II and III.

However, to have a real idea of the positioning of TMJ with respect to the CB, it's necessary to evaluate the 3D position of Md Condyle on MF and CB. TMJ may be influenced by a different positioning during image acquisition and, in order to study this structure, the standardization of the condyle position during the image acquisition need to be performed. For this reason, the positioning of Mandibular Condyle was not analyzed in this research, setting another limitation of this study.

The vertical inclination of the palatal plane and the Md with respect to CB was performed on PITCH reference plane by the angle performed between two lines (ANS-PNA to S-Ba; the middle point between de Condyles to S-Ba, respectively).

These parameters had no statistically significant differences between groups ( $\alpha=.605$ ;  $\alpha=.273$ ), showing that Classes I, II and III had no differences regarding vertical parameters.

Even without many statistically significant differences, there are small differences between groups, in most of our measurements, where Classes II and Class III have a greater distance between them and Class I behaves as an intermediary, suggesting that the establishment of a skeletal malocclusion is due to summation of several subsequent changes in various structures, and the significant differences in mandibular size related to many anatomical characteristics of the Cranial Base.

Some authors have reported to have found correlation between the CB angle and the positioning of the Mx and the Md with respect to the CB<sup>3-29</sup>. Bhatthacharya et al.<sup>29</sup> showed that the Md relation tends to change from class III to class II, with progressive flattening of the cranial base (Ar-S-N) and vice-versa. Our results differ from these findings because the coefficient of Pearson showed no correlations between the position of Md with several angles from cranial base (Table VII).

Finally, the correlation test of Pearson showed no correlation between mandibular length and several parameters, how: Maxillary length ( $r=.440$ ), Median segment of Cranial Base (S point to Ba) ( $r=.312$ ), Mean of Middle segments of Cranial Base ( $r=.257$ ) and Angle Between right and left Mandibular Fossa and Ba Point ( $\alpha=.277$ ). On the other hand, the correlation test showed no correlation between the Md vertical inclination and the cranial base morphology, but showed a positive correlation between vertically positioning of palatal plane and CB angle

( $r=0.662$ ). Our findings differ from results from Chin et al.<sup>3</sup>, who found a several correlations between CB morphology with MX and MD length in classes I, II and III.

## **CONCLUSIONS**

Our results suggested that the main difference between Classes I, II, and III skeletal malocclusion is the Md length associated with a different positioning of MF and consequently a different positioning of TMJ's.

However, other studies should be performed evaluating the condylar positioning with respect to the Cranial Base and correlating the ANB to the measurements performed in this research.

## REFERENCES

- 1 HALICIOGLU, K. et al. Effects of early unilateral mandibular first molar extraction on condylar and ramal vertical asymmetry. **Eur J Dent**, v. 8, n. 2, p. 178-83, Apr 2014. ISSN 1305-7456. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24966767> >.
- 2 AL TAKI, A. et al. Impact of different malocclusion types on the vertical mandibular asymmetry in young adult sample. **Eur J Dent**, v. 9, n. 3, p. 373-7, 2015 Jul-Sep 2015. ISSN 1305-7456. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26430365> >.
- 3 CHIN, A. et al. The relationship between the cranial base and jaw base in a Chinese population. **Head Face Med**, v. 10, p. 31, Aug 2014. ISSN 1746-160X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25129070> >.
- 4 GKANTIDIS, N.; HALAZONETIS, D. J. Morphological integration between the cranial base and the face in children and adults. **J Anat**, v. 218, n. 4, p. 426-38, Apr 2011. ISSN 1469-7580. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21323666> >.
- 5 HOPKIN, G. B.; HOUSTON, W. J.; JAMES, G. A. The cranial base as an aetiological factor in malocclusion. **Angle Orthod**, v. 38, n. 3, p. 250-5, Jul 1968. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5242886> >.
- 6 KATSAVRIAS, E. G.; HALAZONETIS, D. J. Condyle and fossa shape in Class II and Class III skeletal patterns: a morphometric tomographic study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 128, n. 3, p. 337-46, Sep 2005. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16168330> >.
- 7 GONG, A. et al. Cranial base characteristics in anteroposterior malocclusions: A meta-analysis. **Angle Orthodontist**, v. 86, n. 4, p. 13, 2016 Disponível em: < <http://www.angle.org/doi/pdf/10.2319/032315-186.1> >.
- 8 ALVES, P. V. et al. Cranial base angulation in Brazilian patients seeking orthodontic treatment. **J Craniofac Surg**, v. 19, n. 2, p. 334-8, Mar 2008. ISSN 1049-2275. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18362708> >.
- 9 ALARCÓN, J. A. et al. Morphological integration of mandible and cranium: orthodontic implications. **Arch Oral Biol**, v. 59, n. 1, p. 22-9, Jan 2014. ISSN 1879-1506. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24192112> >.



- 10 PANDIS, N. et al. A radiographic study of condyle position at various depths of cut in dry skulls with axially corrected lateral tomograms. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 100, n. 2, p. 116-22, Aug 1991. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1867162> >.
- 11 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> >.
- 12 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> >.
- 13 GANUGAPANTA, V. R. et al. Computed Tomographic Evaluation of Condylar Symmetry and Condyle-Fossa Relationship of the Temporomandibular Joint in Subjects with Normal Occlusion and Malocclusion: A Comparative Study. **J Clin Diagn Res**, v. 11, n. 2, p. ZC29-ZC33, Feb 2017. ISSN 2249-782X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28384976> >.
- 14 LARHEIM, T. A. et al. Temporomandibular joint diagnostics using CBCT. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 44, n. 1, p. 20140235, 2015. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25369205> >.
- 15 BAG, A. K. et al. Imaging of the temporomandibular joint: An update. **World J Radiol**, v. 6, n. 8, p. 567-82, Aug 2014. ISSN 1949-8470. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25170394> >.
- 16 CEVIDANES, L. H. et al. Incorporating 3-dimensional models in online articles. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 147, n. 5 Suppl, p. S195-204, May 2015. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25925649> >.
- 17 RUELLAS, A. C. et al. 3D Mandibular Superimposition: Comparison of Regions of Reference for Voxel-Based Registration. **PLoS One**, v. 11, n. 6, p. e0157625, 2016. ISSN 1932-6203. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27336366> >.
- 18 \_\_\_\_\_. Comparison and reproducibility of 2 regions of reference for maxillary regional registration with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 149, n. 4, p. 533-42, Apr 2016. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27021458> >.
- 19 SANGGARNJANAVANICH, S. et al. Cranial-base morphology in adults with skeletal Class III malocclusion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 146, n. 1, p. 82-91, Jul 2014. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24975002> >.

- 20 DHOPATKAR, A.; BHATIA, S.; ROCK, P. An investigation into the relationship between the cranial base angle and malocclusion. **Angle Orthod**, v. 72, n. 5, p. 456-63, Oct 2002. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12401055> >.
- 21 KHOJA, A.; FIDA, M.; SHAIKH, A. Association of maxillary and mandibular base lengths with dental crowding in different skeletal malocclusions. **J Ayub Med Coll Abbottabad**, v. 26, n. 4, p. 428-33, 2014 Oct-Dec 2014. ISSN 1025-9589. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25672157> >.
- 22 PROFF, P. et al. Cranial base features in skeletal Class III patients. **Angle Orthod**, v. 78, n. 3, p. 433-9, May 2008. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18416608> >.
- 23 CHANG, H. P. et al. Cranial-base morphology in children with class III malocclusion. **Kaohsiung J Med Sci**, v. 21, n. 4, p. 159-65, Apr 2005. ISSN 1607-551X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15909671> >.
- 24 KASAI, K. et al. Relationship between cranial base and maxillofacial morphology. **Eur J Orthod**, v. 17, n. 5, p. 403-10, Oct 1995. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8529753> >.
- 25 ISHII, N.; DEGUCHI, T.; HUNT, N. P. Craniofacial differences between Japanese and British Caucasian females with a skeletal Class III malocclusion. **Eur J Orthod**, v. 24, n. 5, p. 493-9, Oct 2002. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12407945> >.
- 26 KIM, S. J. et al. Morphologic relationship between the cranial base and the mandible in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 144, n. 3, p. 330-40, Sep 2013. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23992805> >.
- 27 INNOCENTI, C. et al. Glenoid fossa position in Class III malocclusion associated with mandibular protrusion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 135, n. 4, p. 438-41, Apr 2009. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19361728> >.
- 28 MENGI, A. et al. A cephalometric evaluation of the effect of glenoid fossa location on craniofacial morphology. **J Oral Biol Craniofac Res**, v. 6, n. 3, p. 204-212, 2016 Sep-Dec 2016. ISSN 2212-4268. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27761385> >.
- 29 BHATTACHARYA, A. et al. Evaluation of relationship between cranial base angle and maxillofacial morphology in Indian population: A cephalometric study. **J Orthod Sci**, v. 3, n. 3, p. 74-80, Jul 2014. ISSN 2278-1897. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25143931> >.

## Tables

**Table I** Landmarks at Cranial Base

<b>Landmark</b>	<b>Description</b>
<b>S</b>	Geometric center of Sella Túrctica
<b>Cr</b>	Highest point of Galli Crest
<b>Ba</b>	The Most anterior and middle point of the foramen Magnum
<b>Sp (Right)</b>	Point located in the largest concavity of the posterior border of the minor sphenoid wing
<b>Sp' (Left)</b>	
<b>Pp (Right)</b>	The highest point of the junction of the superior crest of the petrous pyramid of the temporal bone and the inner surface of the parietal bone
<b>Pp' (Left)</b>	
<b>AT (Right)</b>	Lower point of right and left articular tubercle
<b>AT' (Left)</b>	
<b>F (Right)</b>	Mandibular fossa uppermost point
<b>F' (Left)</b>	
<b>Maxilla</b>	
<b>PNS</b>	Point located at the tip of the Posterior Nasal Spine
<b>ANS</b>	Point located at the tip of the Anterior Nasal Spine
<b>Mandible</b>	
<b>Co (Co')</b>	Higher point of right and left Condyle
<b>Mdm</b>	Middle point between Co-Co'
<b>Pog</b>	Anterior point on the anterior contour of the Chin

**Note.** Name and description of landmarks at cranial base, maxilla and mandible.

**TABLE II** Linear Measurements

<b>Name</b>	<b>Description (landmarks)</b>	<b>Reference</b>
<b>Maxillary Length</b>	Palatal plane (ANS – PNS)	3D
<b>Mandibular length</b>	Mean of left and right mandibular length (Co(Co') – Pog)	3D
<b>Articular tubercle - S point</b>	Mean of left and right articular tubercle A-P positioning (AT(AT') – S)	AP
<b>Mandibular fossa - S point</b>	Mean of left and right articular fossa A-P positioning F(F') - S	AP
<b>Basium - S point</b>	Median cranial base length (Ba – S)	3D
<b>Sella - Galli Crest</b>	Anterior cranial base length (S – Cr)	3D

**Note.** Name and description of linear measurements and their respective space orientation.

**Table III** Angular Measurements

<b>Name</b>	<b>Description (landmarks)</b>	<b>Reference</b>
<b>Anterior cranial base</b>	Anterior segment of cranial base (Sp-S-Sp')	Yaw
<b>Median cranial base</b>	Mean of middle segments of cranial base (Sp-S-Pp x Sp'-S-Pp')	Yaw
<b>Posterior cranial base</b>	Posterior segment of the cranial base (Pp-S-Pp')	Yaw
<b>Articular tubercle median positioning</b>	Angle between right and left AT and S point	Yaw
<b>Articular tubercle posterior positioning</b>	Angle between right and left articular tubercle and Basium point	Yaw
<b>Mandibular Fossa Median positioning</b>	Angle between right and left mandibular fossa and S point	Yaw
<b>Mandibular Fossa Median positioning</b>	Angle Between right and left mandibular fossa and Basium Point	Yaw
<b>Articular tubercle vertical positioning</b>	Angle of articular tubercle with reference to cranial base (Cr-S-AT x Cr-S-AT')	Pitch
<b>Mandibular fossa vertical positioning</b>	Angle of mandibular fossa with reference to cranial base (Cr-S-F x Cr-S-F')	Pitch
<b>Cranial base angle</b>	Angle of vertically inclination of cranial base (Cr-S-Ba)	Pitch
<b>Maxillary vertical inclination</b>	Angle of maxilla with reference to cranial base (Ba-S x ANS-PNS)	Pitch
<b>Mandibular vertical inclination</b>	Angle of Mandible com with reference to cranial base (Ba- S x Pog- Mdm)	Pitch

**Note.** Name and description of angular measurements and their respective reference planes.

**Table IV.** Means and Standard Deviation of Linear Measurements

<b>Group</b>	<b>Class I</b>	<b>Class II</b>	<b>Class III</b>
	Mean (mm)	Mean (mm)	Mean (mm)
<b>Maxillary length</b>	50.42 ( $\pm$ 4.10)a	51.12 ( $\pm$ 4.57)a	49.49 ( $\pm$ 4.33)a
<b>Mandibular length</b>	116.89( $\pm$ 9.13)ab	112.34 ( $\pm$ 7.05)a	121.59 ( $\pm$ 13.82)b
<b>Articular tubercle to S point</b>	2.59 ( $\pm$ 1.79)a	2.07 ( $\pm$ 1.09)a	2.76 ( $\pm$ 1.76)a
<b>Mandibular fossa to S point</b>	8.40 ( $\pm$ 3.43)a	9.80 ( $\pm$ 2.99)a	8.20 ( $\pm$ 2.33)a
<b>Basium to S point</b>	42.96 ( $\pm$ 3.39)a	43.82 ( $\pm$ 3.15)a	42.06 ( $\pm$ 4.50)a
<b>S Point to Galli Crest</b>	48.88 ( $\pm$ 4.30)a	48.59 ( $\pm$ 4.1)a	49,49 ( $\pm$ 2.96)a

**Note.** Values are mean ( $\pm$ SD).

Each column presents an independent result for ANOVA/Tukey test.

Different letters indicate statistically significant difference at  $\alpha = 0.05\%$ .

**Table V.** Means and Standard Deviation of Angular Measurements

<b>Group</b>	<b>Class I</b>	<b>Class II</b>	<b>Class III</b>
	Mean (mm)	Mean (mm)	Mean (mm)
<b>Anterior Cranial Base*</b>	118.37(±23.29)a	125.30 (±6.62)a	124.31 (±7.61)a
<b>Mean Cranial Base*</b>	68.25 (±6.88)a	66.58 (±6.31)a	66.23 (±6.92.)a
<b>Posterior Cranial Base*</b>	100.43 (±10.62)a	101.19 (±8.99)a	103.77 (±11.30)a
<b>Articular tubercle median positioning*</b>	173.64 (±5.09)a	172.63 (±11.79)a	173.19 (±4.76)a
<b>Articular tubercle posterior positioning*</b>	128.14 (±5.68)a	130.25 (±6.35)a	131.97 (±6.36)a
<b>Mandibular fossa median positioning*</b>	158.84 (±9.86)ab	155,19 (±5.19)a	160.44 (±6.95)b
<b>Mandibular fossa posterior positioning*</b>	150.79 (±6.01)a	150.69 (±5.50)a	154.49 (±7.19)a
<b>Articular tubercle vertical positioning**</b>	111.18 (±11.61)a	112.84 (±7.86)a	109.69 (±9.96)a
<b>Mandibular fossa vertical positioning**</b>	144.85 (±13.71)a	143.98 (±8.44)a	146.98 (±10.35)a
<b>Cranial base angle**</b>	142.39 (±8.99)a	143.48 (±6.72)a	142.72 (±6.43)a
<b>Maxillary vertical inclination**</b>	57.33 (±5.90)a	56.58 (±4.53)a	58.22 (±7.31)a
<b>Mandibular vertical inclination**</b>	106.75 (±10.58)a	104.65 (±8.73)a	102.79 (±7.44)a

**Note.** Values are mean (±SD).

Each column presents an independent result for ANOVA/Tukey test.

Different letters indicate statistically significant difference at  $\alpha = 0.05\%$

\*Jaw reference plane

\*\*Pitch reference Plan

**Table VI.** Pearson Correlation Test

Variables		Pearson correlation (r)
V1	V2	
Md length	Mx length	.440**
Md length	Basium - Sella	.312**
Md length	Mean cranial base	.244*
Md length	Posterior MF positioning	.277*
Md vertically inclination	Anterior MF positioning	.490**
Md vertically inclination	Mean cranial base	.257*
Md vertically inclination	Posterior cranial base	.232*
Md vertically inclination	MF anterior positioning	.375**
Md vertically inclination	AT vertical positioning	.430**
Md vertically inclination	Cranial base angle	.570**
Mx vertically inclination	MF median positioning	.481**
Mx vertically inclination	Sella- Galli Crest	.247*
Mx vertically inclination	Posterior cranial base	.270*
Mx vertically inclination	MF anterior positioning	.414**
Mx vertically inclination	AT Vertical positioning	.476**
Mx vertically inclination	MF vertical Positioning	.231*
Mx vertically inclination	Cranial Base Angle	.662**

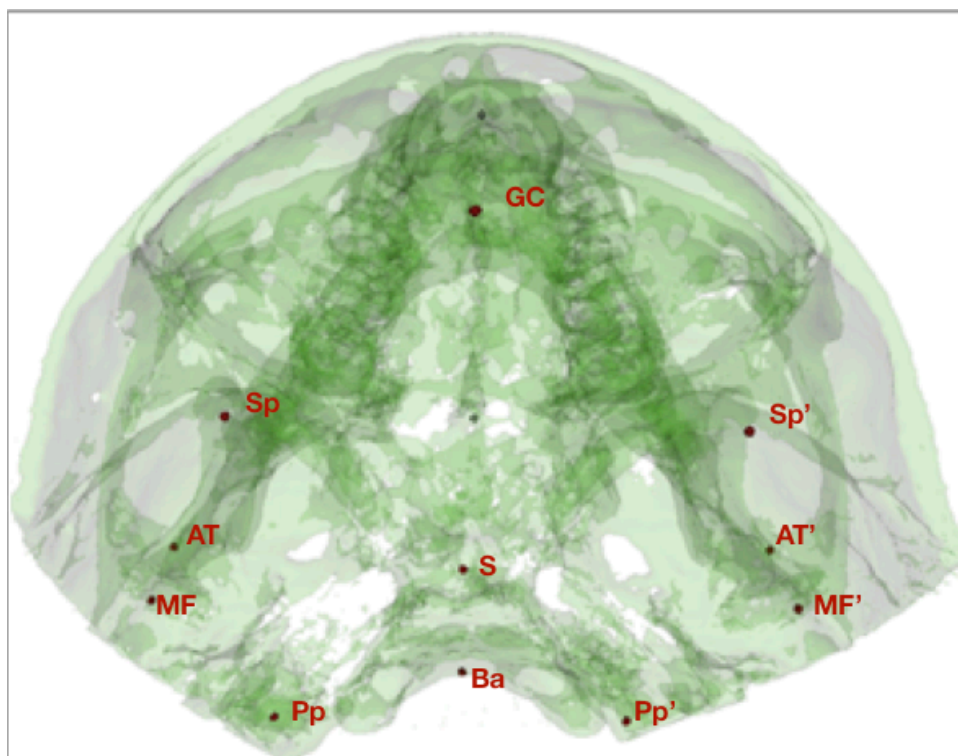
**Note.** Correlation between Mandibular length, Mandibular vertically inclination and maxillary vertically inclination with some structures. (Md: Mandibular or Mandible; Mx: Maxillary or Maxilla; MF: Mandibular Fossa; AT: Articular tubercle)

\*\*Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed)

\*Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

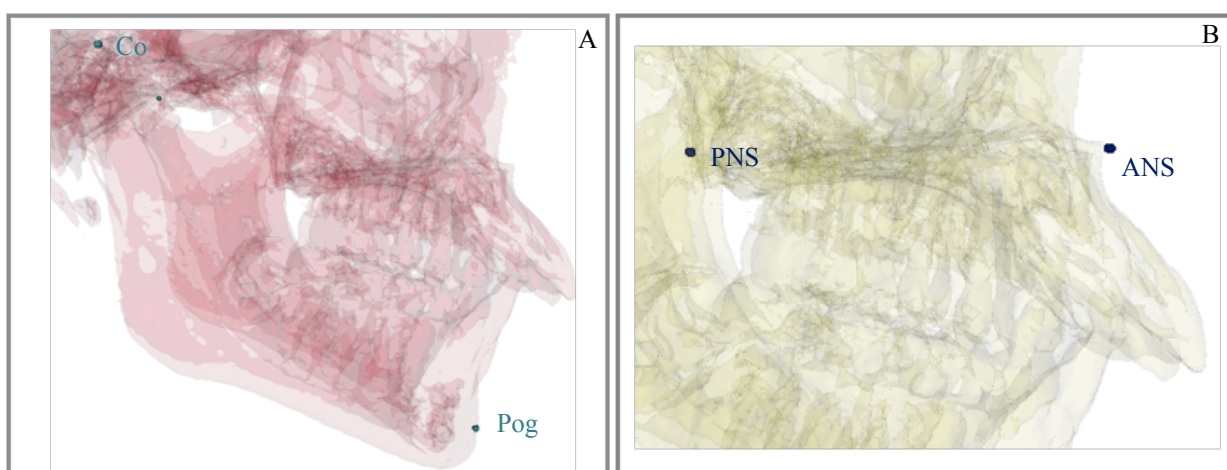


## Images

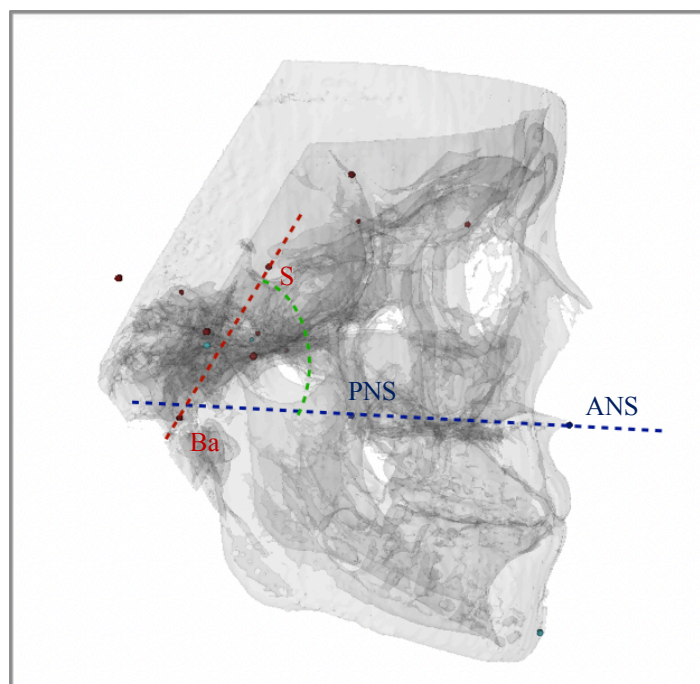


**Figure I:** Landmarks at Cranial base. (GC: Highest point of Galli Crest; S: Geometric center of Sella Túrca; Sp: Point located in the largest concavity of the posterior border of the minor sphenoid wing; Ba: The Most anterior and middle point of the foramen Magnum; Pp: The highest point of the junction of the superior crest of the petrous pyramid of the temporal bone and the inner surface of the parietal bone; AT: Lower point of right and left articular tubercle; MF: Mandibular fossa uppermost point).

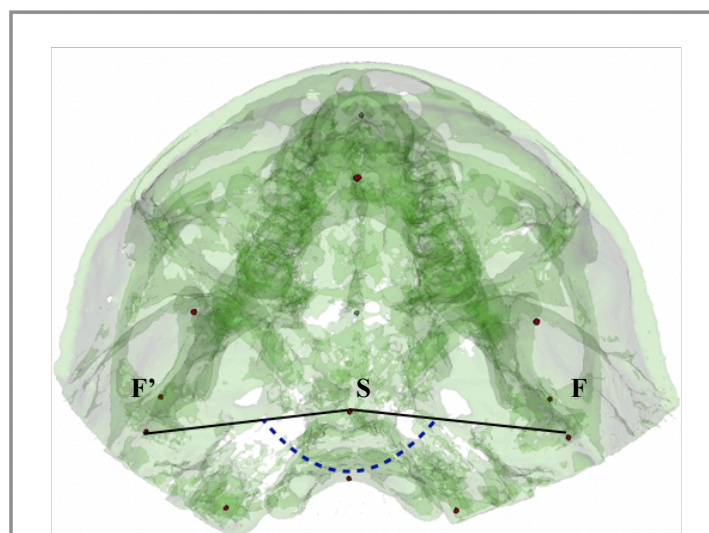
˘ Left side points.



**Figure II:** (A) Landmarks at Maxilla; (B) Landmarks at Mandible. (Co: Higher point of right and left Condyle; Pog: Anterior point on the anterior contour of the Chin; PNS: Point located at the tip of the Posterior Nasal Spine; ANS: Point located at the tip of the Anterior Nasal Spine).



**Figure III:** Example of Angle construction method. Angle of vertically inclination of palatal plane with respect of cranial base. Pitch reference plane. (The angle was constructed by the union of two lines: S - Ba x PNS – ANS).



**Figure IV:** Example of Angle construction method. Mandibular Fossa Median Positioning. Jaw Reference Plane. (The angle was constructed by the union of three landmarks: F- S- F').

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se com a realização desse estudo que:

6.1. Em relação a morfologia da BC foram identificadas diferenças estatisticamente significativas somente na posição da FM o que permite sugerir que a posição (mais anterior ou posterior) da FM é um fator que influi nas manifestações das diferentes classes esqueléticas.

6.2. O comprimento maxilar não é um fator determinante no estabelecimento de uma desarmonia esquelética de Classe I, II e III. Por outro lado, o comprimento mandibular mostrou diferenças significativas, o que permite sugerir que a tamanho da mandibular é um fator determinante de maloclusões esqueléticas.

6.3. Existe uma correlação fraca somente entre a posição da FM e da Mx. Sugere-se que as maloclusões esqueléticas não são decorrentes de variações em apenas uma estrutura, mas de pequenas variações que ao serem relacionadas determinam o padrão esquelético facial.

## 7 RECOMENDAÇÕES

A fim de ter um maior contraste entre os grupos e isolar as características individuais de cada um deles, sugere-se a utilização de critérios de seleção mais específicos onde sejam selecionados indivíduos com ANB mais representativos para cada uma das classes esqueléticas, limitando o ângulo com um valor o mais próximo possível da média de cada padrão. Isto, principalmente porque aqueles pacientes que se encontram no limite entre as Classes poderiam ter mascarado algumas diferenças significativas entre os grupos, tornando-as em não significativas.

A fim de analisar as diferenças morfológicas entre os indivíduos e como a presença de diferentes padrões influencia na morfologia da BC e no posicionamento vertical e tamanho de maxila e mandíbula, sugere-se a realização de correlação entre as diferentes análises morfológicas com o ANB, SNA e SNB do paciente nas imagens 3D.

Recomendamos também para a análise do posicionamento condilar nas diferentes classes esqueléticas, uma confecção de amostra que permita estabelecer e reproduzir um posicionamento inicial da articulação durante a aquisição da imagem de maneira padronizada. Isto vai permitir a observação e comparação dos diferentes pacientes numa posição mais confiável e com um grau

menor de distorção. Sugere-se para este propósito a utilização de um posicionador individualizado que permita ao paciente se manter em relação Centrica durante a aquisição da imagem.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL TAKI, A. et al. Impact of different malocclusion types on the vertical mandibular asymmetry in young adult sample. **Eur J Dent**, v. 9, n. 3, p. 373-7, 2015 Jul-Sep 2015. ISSN 1305-7456. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26430365> >.

ALARCÓN, J. A. et al. Morphological integration of mandible and cranium: orthodontic implications. **Arch Oral Biol**, v. 59, n. 1, p. 22-9, Jan 2014. ISSN 1879-1506. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24192112> >.

ALVES, P. V. et al. Cranial base angulation in Brazilian patients seeking orthodontic treatment. **J Craniofac Surg**, v. 19, n. 2, p. 334-8, Mar 2008. ISSN 1049-2275. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18362708> >.

BAG, A. K. et al. Imaging of the temporomandibular joint: An update. **World J Radiol**, v. 6, n. 8, p. 567-82, Aug 2014. ISSN 1949-8470. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25170394> >.

BAIK, H. S. et al. Cephalometric characteristics of Korean Class III surgical patients and their relationship to plans for surgical treatment. **Int J Adult Orthodon Orthognath Surg**, v. 15, n. 2, p. 119-28, 2000. ISSN 0742-1931. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11307422> >.

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> >.

\_\_\_\_\_. Incorporating 3-dimensional models in online articles. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 147, n. 5 Suppl, p. S195-204, May 2015. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25925649> >.

CHANG, H. P. et al. Cranial-base morphology in children with class III malocclusion. **Kaohsiung J Med Sci**, v. 21, n. 4, p. 159-65, Apr 2005. ISSN 1607-551X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15909671> >.

CHIN, A. et al. The relationship between the cranial base and jaw base in a Chinese population. **Head Face Med**, v. 10, p. 31, Aug 2014. ISSN 1746-160X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25129070> >.

DHOPATKAR, A.; BHATIA, S.; ROCK, P. An investigation into the relationship between the cranial base angle and malocclusion. **Angle Orthod**, v. 72, n. 5, p. 456-63, Oct 2002. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12401055> >.

GANUGAPANTA, V. R. et al. Computed Tomographic Evaluation of Condylar Symmetry and Condyle-Fossa Relationship of the Temporomandibular Joint in Subjects with Normal Occlusion and Malocclusion: A Comparative Study. **J Clin Diagn Res**, v. 11, n. 2, p. ZC29-ZC33, Feb 2017. ISSN 2249-782X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28384976> >.

GKANTIDIS, N.; HALAZONETIS, D. J. Morphological integration between the cranial base and the face in children and adults. **J Anat**, v. 218, n. 4, p. 426-38, Apr 2011. ISSN 1469-7580. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21323666> >.

GONG, A. et al. Cranial base characteristics in anteroposterior malocclusions: A meta-analysis. **Angle Orthod**, v. 86, n. 4, p. 668-80, Jul 2016. ISSN 1945-7103. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26528732> >.

HALICIOGLU, K. et al. Effects of early unilateral mandibular first molar extraction on condylar and ramal vertical asymmetry. **Eur J Dent**, v. 8, n. 2, p. 178-83, Apr 2014. ISSN 1305-7456. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24966767> >.

HOPKIN, G. B.; HOUSTON, W. J.; JAMES, G. A. The cranial base as an aetiological factor in malocclusion. **Angle Orthod**, v. 38, n. 3, p. 250-5, Jul 1968. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5242886> >.

INNOCENTI, C. et al. Glenoid fossa position in Class III malocclusion associated with mandibular protrusion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 135, n. 4, p. 438-41, Apr 2009. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19361728> >.

ISHII, N.; DEGUCHI, T.; HUNT, N. P. Craniofacial differences between Japanese and British Caucasian females with a skeletal Class III malocclusion. **Eur J Orthod**, v. 24, n. 5, p. 493-9, Oct 2002. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12407945> >.

KASAI, K. et al. Relationship between cranial base and maxillofacial morphology. **Eur J Orthod**, v. 17, n. 5, p. 403-10, Oct 1995. ISSN 0141-5387. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8529753> >.

KATSAVRIAS, E. G.; HALAZONETIS, D. J. Condyle and fossa shape in Class II and Class III skeletal patterns: a morphometric tomographic study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 128, n. 3, p. 337-46, Sep 2005. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16168330> >.

KHOJA, A.; FIDA, M.; SHAIKH, A. Association of maxillary and mandibular base lengths with dental crowding in different skeletal malocclusions. **J Ayub Med Coll Abbottabad**, v. 26, n. 4, p. 428-33, 2014 Oct-Dec 2014. ISSN 1025-9589. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25672157> >.

KIM, S. J. et al. Morphologic relationship between the cranial base and the mandible in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. **Am J Orthod Dentofacial**

**Orthop**, v. 144, n. 3, p. 330-40, Sep 2013. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23992805> >.

LARHEIM, T. A. et al. Temporomandibular joint diagnostics using CBCT. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 44, n. 1, p. 20140235, 2015. ISSN 0250-832X. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25369205> >.

LING, J.; CHEN, H.; YANG, L. [Morphological characteristics of craniofacial complex in adults with skeletal class III malocclusions]. **Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban**, v. 35, n. 5, p. 560-3, Sep 2006. ISSN 1008-9292. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17063553> >.

LOWE, B. F. et al. Skeletal jaw relationships: a quantitative assessment using elliptical Fourier functions. **Angle Orthod**, v. 64, n. 4, p. 299-308; discussion 309-10, 1994. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7978525> >.

MENGI, A. et al. A cephalometric evaluation of the effect of glenoid fossa location on craniofacial morphology. **J Oral Biol Craniofac Res**, v. 6, n. 3, p. 204-212, 2016 Sep-Dec 2016. ISSN 2212-4268. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27761385> >.

PANDIS, N. et al. A radiographic study of condyle position at various depths of cut in dry skulls with axially corrected lateral tomograms. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 100, n. 2, p. 116-22, Aug 1991. ISSN 0889-5406. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1867162> >.

PROFF, P. et al. Cranial base features in skeletal Class III patients. **Angle Orthod**, v. 78, n. 3, p. 433-9, May 2008. ISSN 0003-3219. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18416608> >.

RUELLAS, A. 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**, v. 149, n. 4, p. 533-42, Apr 2016. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27021458> >.

\_\_\_\_\_. 3D Mandibular Superimposition: Comparison of Regions of Reference for Voxel-Based Registration. **PLoS One**, v. 11, n. 6, p. e0157625, 2016. ISSN 1932-6203. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27336366> >.

SANGGARNJANAVANICH, S. et al. Cranial-base morphology in adults with skeletal Class III malocclusion. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 146, n. 1, p. 82-91, Jul 2014. ISSN 1097-6752. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24975002> >.

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> >.



## 9 ANEXOS

UFRJ - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO CLEMENTINO  
FRAGA FILHO DA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Análise da forma da Base do Crânio e Fossa Mandibular em pacientes com malformações esqueléticas. Estudo em TCFC.

**Pesquisador:** GONZALO ALEJANDRO MUNOZ ARIAS

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 04035018.3.0000.5257

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**Patrocinador Principal:** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.107.013

#### Apresentação do Projeto:

Protocolo 394-18, do grupo III, recebido em 4.12.2018.

As informações colocadas nos campos denominados "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do documento intitulado "PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_1244388.pdf" (submetido na Plataforma Brasil em 04/12/2018).

#### INTRODUÇÃO:

Diferentes variações esqueléticas muitas vezes relacionam-se às alterações de diversas estruturas anatômicas. Desta forma, torna-se importante conhecer as particularidades destas estruturas, bem como reconhecer as variações individuais correlacionando-as às características particulares de cada indivíduo. Alguns autores afirmam que determinadas alterações em estruturas anatômicas específicas podem estar diretamente relacionadas com o estabelecimento de algumas maloclusões e desordens craniomandibulares. (HALICIOGLU, 2014; AL TAKI, 2015; CHINN, 2014). Estruturas anatômicas como a Fossa Mandibular (FM) e o côndilo mandibular variam quanto a morfologia e posição dependendo do tipo de maloclusão anteroposterior (AP) que o indivíduo apresenta. Alguns estudos relataram associação entre comprimento maxilar reduzido com variações na base craniana

**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@hucffufjf.br