



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

CAROLINA VIEIRA VALADARES E SOUZA

**AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA FOSSA MANDIBULAR E
CABEÇA DA MANDÍBULA PRÉ E PÓS CIRURGIA ORTOGNÁTICA**

**THREE-DIMENSIONAL EVALUATION OF CONDYLE AND GLENOID
FOSSA PRE AND POST ORTHOGNATHIC SURGERY**

Piracicaba

2019

CAROLINA VIEIRA VALADARES E SOUZA

**AVALIAÇÃO TRIDIMENSIONAL DA FOSSA MANDIBULAR E
CABEÇA DA MANDÍBULA PRÉ E PÓS CIRURGIA ORTOGNÁTICA**

**THREE-DIMENSIONAL EVALUATION OF CONDYLE AND GLENOID
FOSSA PRE AND POST ORTHOGNATHIC SURGERY**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Radiologia Odontológica, na Área de Concentração Radiologia Odontológica

Thesis presented to the Piracicaba Dental School of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Oral Radiology, in Oral Radiology Area

Orientadora: Profa. Dra. Gláucia Maria Bovi
Ambrosano

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pela aluna Carolina Vieira Valadares e Souza, e orientada pela Profa. Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano.

Piracicaba

2019

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES/01

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3819-6531>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

Souza, Carolina Vieira Valadares e, 1986-
So89a Avaliação tridimensional da fossa mandibular e cabeça da mandíbula pré e pós
cirurgia ortognática / Carolina Vieira Valadares e Souza. – Piracicaba, SP : [s.n.],
2019.

Orientador: Gláucia Maria Bovi Ambrosano.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Odontologia de Piracicaba.

1. Articulação temporomandibular. 2. Tomografia computadorizada de feixe
cônico. 3. Cêndilo mandibular. I. Ambrosano, Gláucia Maria Bovi, 1960-. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba.
III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Three-dimensional evaluation of condyle and glenoid fossa
pre and post orthognathic surgery

Palavras-chave em inglês:

Temporomandibular joint
Cone-beam computed tomography
Mandibular condyle

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Doutora em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Gláucia Maria Bovi Ambrosano [Orientador]
Matheus Lima de Oliveira
Rívea Inês Ferreira
Monikelly do Carmo Nascimento Marchini
Yuri Nejaim

Data de defesa: 01-10-2019

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-3819-6531>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/1934280636587655>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 01 de Outubro de 2019, considerou a candidata CAROLINA VIEIRA VALADARES E SOUZA aprovada.

PROF^a. DR^a. GLÁUCIA MARIA BOVI AMBROSANO

PROF^a. DR^a. MONIKELLY DO CARMO NASCIMENTO MARCHINI

PROF^a. DR^a. RIVEA INÊS FERREIRA

PROF. DR. MATHEUS LIMA DE OLIVEIRA

PROF. DR. YURI NEJAIM

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha filha, Maria Vitória, que mesmo tão pequenina, se mostra uma companheira que me dá forças para alcançar todos os meus objetivos.

Agradecimentos Institucionais

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)** - Código de Financiamento 001

À **Universidade Estadual de Campinas**, na pessoa do Prof. Dr. Marcelo Knobel (Reitor).

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba**, na pessoa do Prof. Dr. Francisco Haiter Neto (Diretor).

Agradecimentos Especiais

Primeiramente, gostaria de agradecer a **Deus** por me proporcionar todas as oportunidades, ser meu guia em todas as decisões de minha vida e por me abençoar sempre. Sei que posso contar com ele para tudo em todos os momentos. Farei o possível e impossível para fazer jus a tudo que o Senhor me proporciona.

Aos meus avôs e avós (*in memoriam*), **Pedro Valadares, Caçula Valadares, Maria de Lourdes Santos e João Vieira**, os quais são os responsáveis pela formação de nossa família e de ter transmitido a educação passada para mim através dos meus pais.

Aos meus pais, **Arnaldo e Evani Valadares**, pessoas como eles são muito difíceis de serem encontrados no mundo nos dias de hoje. Trabalhadores, esforçados e que nunca permitiram que faltasse nada na vida de suas filhas, nos proporcionando tudo que era possível. Ao mesmo tempo, pedir desculpas pela ausência diária durante minha vida carioca, piracicabana e americana. A partir de agora, viverei para retribuir tudo o que vocês fizeram por mim. Amo muito vocês.

Ao meu marido, **Gustavo Souza**, pelo companheirismo, incentivo e por transformar todos os meus momentos em momentos de descontração e felicidade, mesmo naqueles dias em que eu não estava me sentindo bem. Obrigada ainda mais pelo melhor presente de minha vida, a nossa **Maria Vitória**, que tenho certeza que ela veio para abençoar ainda mais nossas vidas e nossa família! Amo vocês!

À minha irmã, **Camila Valadares**, por toda confiança que deposita em mim mesmo quando eu mesma desconfio do meu potencial e por ser meu exemplo de estudo e dedicação. Agradeço a ela em conjunto com seu cunhado, **Amorim Junior**, pelo presente lindo em forma de pingo de gente que veio para alegrar nossas vidas o meu

sobrinho e afilhado, **Carlos Eduardo**. Tia ama tanto que não há palavras que possa traduzir este sentimento. Amo vocês para sempre!

À minha tia **Gildete** (in memorian), infelizmente não estava presente na sua partida, mas saiba que sou muito grata por tudo o que a senhora fez por mim e, acima de tudo, pelas inúmeras orações que eu sei que foram dedicadas a mim. Muito obrigada, um dia nos encontraremos para rirmos de tudo!

Aos meus amigos de Aracaju, **Karla, Leo, Cláudia, Hericalizandra, Thássia, Thatiana, Thaís, Moema, Gabriela, Fabíola, Nicole, Adriele, Ana Carol**, pelos momentos de descontração sempre que eu vinha para Aracaju, emprestando seus ouvidos para ouvir todas as minhas histórias piracicabanas.

Aos meus amigos de Mestrado da UFRJ, **Amanda, Ana Paula, Rowan, Renatinha e Cinthia**, mesmo distante a nossa amizade só aumenta e nosso grupo “Chumbis” cada vez mais forte. Vocês são meus presentes de mestrado!

Aproveito agora para fazer meu agradecimento infinito aos meus professores da UNICAMP, primeiramente, a uma pessoa que me acolheu como verdadeira filha, me incentivando a participar de todos os projetos possíveis, passando sempre confiança em tudo o que eu me propunha a fazer. Dando puxão de orelha quando necessário (olhe que não foram poucos rrsrsr), mas sempre com uma palavra de carinho no final. O meu exemplo na estatística e que me fez saber o pouco que hoje em dia eu sei dessa área. **Professora Dra. Gláucia Maira Bovi Ambrosano**, minha orientadora, muito obrigada por todo ensinamento e confiança depositada em mim. Espero não ter te decepcionado em nenhum momento. Muito obrigada!

Ao **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**, que com seu jeito sério e incentivador, consegue mostrar a todos o quanto a Radiologia é uma área da Odontologia tão bonita e tão importante, nos fazendo correr atrás e mostrando que todo esforço aplicado para nosso crescimento profissional será essencial para colher os melhores frutos no futuro. Muito obrigada por tudo!

À **Profa. Dra. Deborah Queiroz de Freitas França**, que me forneceu incentivo e amizade em toda minha jornada na UNICAMP, mesmo na época que eu ainda não era aluna da instituição. Muito obrigada pelas conversas, elogios, cuidado e confiança depositada em mim. Nunca irei esquecer!

Ao **Prof. Dr. Matheus Lima de Oliveira**, por todo ensinamento e ser uma inspiração para o meu crescimento na área da didática e na organização pessoal. Obrigada por sempre me receber de braços abertos e pelos elogios e broncas dados quando necessário. Você fez muita diferença nessa minha caminhada! Obrigada por todas as oportunidades!

À **Profa. Dra. Solange Maria de Almeida Bóscolo**, por ter me ajudado na confecção do meu primeiro projeto na UNICAMP. De se mostrar sempre tão acessível nos momentos de dúvida. Desde já muito Muito Obrigada!

À **Profa. Dra. Karine Laura Cortellazzi**, por ser mais um incentivo para mim na Estatística. Obrigada por confiar no meu trabalho e por me dar várias oportunidades. Dá infinitos beijos na sua filha e diz a ela que ela tem uma amiguinha sergipana! Muito obrigada por tudo.

À **secretária Luciane Sattolo, e aos técnicos e funcionários da clínica de Radiologia Odontológica da FOP, Waldeck Moreira, Fernando Andrade e Sarah Bacchim**, não tenho palavras para agradecer a toda dedicação, paciência e incentivo que vocês me deram durante minha caminhada. Sem vocês a Radiologia não seria a mesma, sintam-se peças fundamentais na minha formação, mas não só minha e sim de todos os alunos da Radiologia.

À minha amiga de todas as horas, **Priscila Azeredo**, você não faz ideia da falta que me faz no meu dia-dia. Você me ensinou a ser uma mulher mais forte e levar as situações chatas da melhor forma possível. Sou muito grata por ter te conhecido e sei que nossa amizade será para sempre.

Ao meu amigo **Carlos Augusto**, que com seu jeito impaciente e engraçado, estava presente nas horas boas e nas horas ruins. Se existe uma pessoa que eu sabia que podia contar e sei que posso contar mesmo na distância é ele. Muito obrigada pela sua amizade e companheirismo, Carlitos, mesmo longe estarei presente na sua vida para sempre.

Não posso esquecer de minha eterna vizinha, **Larissa Lagos**, que para onde eu ia levava ela, até quando me mudei ela foi junto. Você é uma amiga muito importante para mim, nunca esqueça disso e nunca mude seu jeito por causa de nada, nem ninguém. Estamos no Nordeste, uma estrada de 8 horas nos separa, mas sei que estarei quando possível aí em Recife e espero você em Aracaju também.

Não posso de maneira alguma esquecer de agradecer toda amizade e companheirismo de um grande amigo chamado **Yuri Nejaim**. Você é um exemplo de que muitos deveriam seguir, está sempre disposto a ajudar, incentivar e ensinar a todos. Nunca mude seu jeito de ser. Pode contar comigo para o resto de sua vida.

À minha amiga de MMA, **Mariana Nadaes**, que mesmo tendo uma presença rápida na minha vida na UNICAMP fez muita diferença. Obrigada pelos momentos de descontração e pelos momentos de ensinamento. Nunca esquecerei. Mais uma amiga carioca para a conta.

Como posso não falar dela, a menina mais direta, verdadeira, que fala muito baixo, mas que com seu jeito meigo me cativou cem por cento, **Liana**. Lilica, pode contar comigo para sempre, você faz falta.

Agradeço também à minha amiga de conversão do CCAA – Piracicaba, **Amanda Candemil**. Candi, muito obrigada por todo companheirismo, momentos de descontração e os infinitos lanches (chocolate, castanha, nozes) que você trazia nas suas idas para o Paraguai. Sentirei muito sua falta, não vamos perder o contato ok?

A todos aos amigos de pós-graduação, **Ana Caroline Brito, Anne Caroline Oenning, Bernardo Freire, Débora Távora, Eduarda Helena Nascimento, Eliana Dantas, Hugo Gaeta, Karla Rovaris, Karla Vasconcelos, Monikelly Nascimento, Larissa Souza, Neiandro Galvão, Polyane Queiroz, Rafaela Argento, Roberto Juns, Tiago Nascimento, Thiago Gamba e Victor Aquino** por dividirem conhecimentos, e pelo bom convívio.

Por fim, agradeço aos professores, em especial **Profa. Dra. Luciana Asrpino e Prof. Dr. Márcio de Moraes**, alunos e funcionários da Cirurgia Bucomaxilofacial da FOP-UNICAMP, por me acolherem como uma integrante da família e me tratarem tão bem.

Não posso jamais esquecer de agradecer às pessoas que fizeram meus dias muito produtivos e felizes nos Estados Unidos. Primeiramente, quero agradecer ao meu orientador do exterior, **Prof. Dr. Rodrigo Viecilli**, por aceitar me receber e me orientar de maneira exemplar, fazendo com o que eu fosse atrás da melhor metodologia me guiando para que eu realizasse um excelente trabalho. Ao **Dr. Caruso**, por aceitar me receber no setor de Ortodontia da Loma Linda University e fazer de tudo para que eu me sentisse em casa.

Gina Torres, além de colega de doutorado na FOP e ser um orgulho para a Radiologia da UNICAMP, foi muita sorte minha ser recebida por você que me tratou muito bem, ajudou imensamente no meu trabalho, na vida americana, me hospedando na sua casa, sem falar em topar as aventuras de conhecer a Califórnia em poucos dias que tínhamos de folga. Não tenho palavras para agradecer toda ajuda e amizade que você teve por mim. Levarei você para sempre em meu coração e nas minhas lembranças. Obrigada a todos da Loma Linda University.

Enfim, não paro por aqui. Sei desde que iniciei meus estudos, que na vida para que possamos crescer precisamos estar sempre estudando para assim nos atualizar. Assim sendo, até o Pós-Doutorado!

Resumo

Quando as maloclusões envolvem as posições dentárias e a relação entre os ossos maxilares, o tratamento ortodôntico é muitas vezes associado à cirurgia ortognática. Acredita-se que alterações causadas devido a cirurgia Ortognática podem levar à mudança de posicionamento, formato e volume da cabeça da mandíbula. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a existência de alterações no formato, posição e volume da cabeça da mandíbula, além de alteração no formato da fossa da mandíbula após Cirurgia Ortognática comparando com pacientes que fizeram somente tratamento ortodôntico, determinando ainda o local das mudanças. Para realização dessa pesquisa, foram selecionados exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) de 60 pacientes (42 mulheres e 18 homens, 21 a 67 anos de idade) a partir de um banco de imagens. Os exames foram obtidos pré e pós tratamento odontológico, por meio do aparelho NewTom 5G, totalizando 120 imagens. Os pacientes foram divididos em dois grupos de 30 indivíduos, de acordo com o tipo de tratamento odontológico recebido: Grupo I - tratamento ortodôntico e Grupo II - tratamento ortodôntico-cirúrgico. Dos pacientes incluídos, 16 pertenciam à classe I, 23 à classe II e 21 à classe III esquelética. Todas as etapas foram realizadas por um único avaliador, através dos softwares 3DSlicer 4.5.0-1 e ITK-SNAP 3.4.0. Através do 3DSlicer foi possível obter modelos 3D que quando unidos através do mesmo software deram origem ao chamado "*Color Map Model*", o qual representava as modificações ocorridas entre o antes e depois de cada paciente. Já através do ITK-SNAP 3.4.0, foram realizadas as medidas volumétricas das cabeças das mandíbulas antes e depois. As análises estatísticas foram realizadas pelos testes de Kruskal Wallis (para comparar as alterações entre as classes esqueléticas), Mann-Whitney (para comparar as alterações dos pacientes cirúrgicos e não cirúrgicos) e o Wilcoxon (para comparar a diferença do volume da cabeça da mandíbula antes e depois do tratamento). Em todas as análises foi considerado o nível de significância de 5%. Comparando os pacientes cirúrgicos com os não cirúrgicos, foi observada diferença estatisticamente significativa nos pacientes classe I, na região superior, para o formato da fossa da mandíbula. Mudanças nas superfícies medial, superior e posterior foram observadas comparando-se os pacientes cirúrgicos e não cirúrgicos quanto ao formato da cabeça

da mandíbula foi avaliado. Quando a posição da cabeça da mandíbula foi avaliada, mudanças na região anterior, medial e posterior foram observadas. Quando as classes esqueléticas foram comparadas, foi observada diferença significativa entre a Classe II e III quanto a posição da cabeça da mandíbula na região superior e entre Classe I e III também na região superior quanto ao formato da cabeça da mandíbula. Pode-se concluir que, tanto os pacientes que passaram por cirurgia Ortognática quanto os que foram tratados apenas ortodonticamente apresentaram alteração em sua superfície da fossa da mandíbula e na cabeça da mandíbula, porém todas as diferenças encontradas foram muito pequenas, fato esse que dificilmente causará alterações clínicas para o paciente.

Palavras-chave: Articulação Temporomandibular, Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, Côndilo Mandibular

Abstract

Malocclusions involving maxillary bones and dental positions, in addition to orthodontic treatment, requires a surgical procedure called: Orthognathic Surgery. It is believed that changes caused due to Orthognathic surgery can lead to change in positioning, shape and condylar volume. Therefore, the aim of this study was to evaluate the existence of alterations in the condylar shape and position, besides alteration in the shape of the joint fossa after orthognathic surgery comparing with orthodontic patients, determining the location of the changes. For this purpose, 120 Cone-Beam CT scans, all performed in NewTom 5G, were selected of 60 patients. Of the total images, 60 of them corresponded to patients who underwent Orthognathic surgery, being 30 before the treatment and 30 after the surgery. The remaining 60 images corresponded to patients submitted only to orthodontic treatment, being also 30 pre and the other 30 post treatment. From the sample, 42 were female patients and 18 male patients, aged between 21 and 67 years (mean age 31 years), 16 of whom were skeletal Class I, 23 were Class II and 21 were Class III. The images were selected by a postdoctoral graduate in Dental Radiology, from the files of patient exams attended at the Department of Orthodontics of Loma Linda University - California, United States. Patients younger than 18 years, who had some major facial asymmetry, alteration in the TMJ region and who presented pathology in the head and neck region were excluded from the sample. All the steps were performed by an evaluator with experience in Cone-Beam Tomography and post-graduate in Dental Radiology, using the software 3DSlicer 4.5.0-1 and ITK-SNAP 3.4.0. The images were classified according to the relation between the maxilla and mandible provided by the ANB angle. Through 3DSlicer it was possible to obtain 3D models that when united through the same software gave rise to the so-called "Color Map Model", which represented the changes that occurred between before and after each patient. To evaluate the values found, the statistical analyzes Kruskal Wallis (to compare the changes among the skeletal classes), Mann-Whitney (to compare the changes of surgical and non-surgical patients) and Wilcoxon (to compare the difference in condylar volume before and after treatment) were used. Comparing surgical with non-surgical patients, a statistically significant difference was obtained in class I patients at superior when the fossa shape

was evaluated. Comparing surgical with no surgical patients, changes in medial, superior end posterior surfaces were observed when the condylar shape was observed, and at anterior, medial and posterior regions when the condyle position was analyzed. Comparing different skeletal classes, were observed differences between class II and class III regarding condylar position at superior region and between Class I and III at superior regarding condyle shape. In conclusion, it was observed that both patients who underwent orthodontic surgery and those who were treated only orthodontically presented changes in their surface of the joint fossa and condyle, but all the differences found were very small, a fact that will hardly cause clinical alterations for the patient.

Keywords: Temporomandibular Joint, Cone-Beam Computed Tomography, Mandibular Condyle

SUMÁRIO

1 Introdução.....	15
2 ARTIGO: Evaluation of changes in position and shape of condyle and glenoid fossa after orthognathic surgery	19
3 Conclusão.....	39
REFERÊNCIAS*	40
APÊNDICE 1 - Metodologia detalhada.....	44
ANEXOS.....	60
ANEXO 1 – Comprovante de submissão do artigo ao periódico	60
ANEXO 2 – Comitê de Ética em Pesquisa (Loma Linda University).	61
ANEXO 3 - Verificação de Originalidade e Prevenção de Plágio.....	62
ANEXO 4 – Tabelas Completas	63

1 INTRODUÇÃO

As maloclusões são causadas por alterações nas posições dentárias em associação ou não a problemas esqueléticos (McNamara, 1981). Quando ocorre o envolvimento dos ossos maxilares, o tratamento ortodôntico, muitas vezes, precisa ser complementado com a Cirurgia Ortognática que tem como objetivo reestabelecer a estética e a função adequada do sistema estomatognático (Lye, 2008).

Este tipo de cirurgia vem sendo cada vez mais utilizado para resolver problemas de assimetria facial, apnéia do sono, alterações nas articulações temporomandibular (ATM), entre outras (Gulsen, Sibar e Ozmen, 2018).

Acredita-se que haja modificações na ATM de pacientes que foram submetidos a cirurgia ortognática. Algumas das alterações que podem ocorrer nesta articulação são: mudança de posição, reabsorção e aposição das cabeças da mandibular. A reabsorção e aposição óssea estão relacionados diretamente com o aumento ou redução no volume da cabeça da mandíbula (da Silva, 2018). Cerca de 1% dos pacientes submetidos a esse tipo de cirurgia desenvolvem a reabsorção da cabeça da mandíbula tempos após a cirurgia (Nunes *et al.*, 2018; Politi, Van de Vyvere e Agbaje, 2019).

Devido ao aumento do número de casos desse tipo de cirurgia e probabilidade de ocorrência dessas alterações, a necessidade de averiguar a influência das cirurgias ortognáticas e tratamentos ortodônticos nas estruturas que compõem esta articulação vem sendo alvo de muitos estudos (Catharine, 2016; Chigurupati, Mehra, 2018; Claus *et al.*, 2019)

Sabe-se que algumas maloclusões, como a Classe II, podem ser causadas por alterações ósseas na ATM, alterações no disco articular e por aumento vertical facial do paciente (Holzinger *et al.*, 2018). Porém, ainda pouco se sabe sobre estas alterações sofridas pela articulação a longo prazo. Acredita-se que reabsorções e alterações do posicionamento da cabeça da mandíbula podem ser causadas pelo próprio procedimento cirúrgico, por vários motivos, entre eles o tipo de osteotomia utilizada (Choi e Lee, 1996; Chigurupati, Mehra, 2018).

A Osteotomia Sagital é um dos métodos mais utilizados pelos cirurgiões para tratar pacientes com problemas na posição mandibular. Esta técnica foi introduzida em 1942, por Schuchardt e é considerada uma das mais seguras por ser capaz de minimizar os danos causados ao nervo alveolar inferior durante o procedimento cirúrgico (Brusati, Fiamminghi e Sesenna, 1981; Santos *et al.*, 2019).

O reposicionamento mandibular realizado durante as cirurgias ortognáticas pode causar alterações no posicionamento da cabeça da mandíbula devido a separação dessas estruturas causada pela osteotomia (Jung *et al.*, 2017). Caso ocorra um mau posicionamento dos segmentos proximais após a osteotomia uma recorrência da maloclusão pode ocorrer (Berger *et al.*, 2017).

Devido a isso, para evitar uma possível movimentação da cabeça da mandíbula durante o reposicionamento dos segmentos cirúrgicos, algumas técnicas foram idealizadas. Muitas delas são complexas e aumentam o tempo cirúrgico (Jung *et al.*, 2017). Por isso, esse procedimento não é utilizado por muitos cirurgiões.

Lartzien *et al.* (2019) utilizaram o chamado “*Surgical Navigation System*” e observaram que esse sistema apresentou melhor precisão que o reposicionamento manual. Por outro lado, outros autores não concordam com a alteração de resultado fornecido pela técnica e afirmam que não há diferença entre os resultados obtidos através da técnica manual ou utilização de dispositivos (Gerressen *et al.*, 2006).

Além da osteotomia, outros fatores que envolvem a cirurgia são estudados como possíveis causadores de alterações nas estruturas da ATM, como: tipo de fixação, tipo de movimento cirúrgico, magnitude do movimento cirúrgico (Choi, Lee, 1996).

Por outro lado, alguns pacientes submetidos a esse tipo de cirurgia relatam ter desenvolvido alguma Disfunção Têmporomandibular (DTM), a qual pode estar relacionada à alteração no formato e área condilar após o procedimento (Catharine, 2016). Apesar das evidências, a quantidade de avanço e de rotação mandibulares não devem ser considerados como fatores de risco para uma disfunção temporomandibular (Frey *et al.*, 2007).

Porém, não é somente alterações na posição dos componentes ósseos da ATM que podem estar envolvidos. Acredita-se que o disco e a capsula articular podem sofrer alguma injúria frente as forças sofridas durante o procedimento cirúrgico (Al-Saleh *et al.*, 2017).

A Ressonância Nuclear Magnética é o exame de escolha para avaliação do disco articular. Segundo Firoozei (2017), após a cirurgia ortognática há uma tendência ao deslocamento anterior do disco, porém não foram encontrados dados estatisticamente significantes para dar certeza dessa alteração de posição. Assim, acredita-se atualmente que a cirurgia Ortognática não altera a relação entre o disco articular e cabeça as mandíbula, não podendo ser considerado um fator de risco para desenvolvimento de DTM.

A Cirurgia Ortognática pode exacerbar um quadro de DTM caso o paciente submetido à cirurgia seja portador da disfunção previamente (Wolford, Reiche-Fischel e Mehra, 2003). Assim, antes da indicação deste tipo de tratamento, o cirurgião-dentista deve estar ciente das condições articulares do paciente e modificar a intervenção quando DTM for detectada (Paolo *et al.*, 2019).

Por outro lado, em alguns pacientes foi observado que a cirurgia Ortognática pode reduzir os sinais e sintomas das disfunções temporomandibulares, como dor musculares faciais e de cabeça em pacientes Classe III (te Veldhuis *et al.*, 2017; Sebastiani *et al.*, 2018).

Para avaliação dos tecidos duros envolvidos nesta articulação, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico é, atualmente, o exame de escolha. Através desta, é possível realizar medidas lineares, angulares, volumétricas. Existem trabalhos que vêm utilizando as reconstruções multiplanares para a realização dessas medidas (da Silva *et al.*, 2018). Porém, com a realização dessas medidas manualmente podem ocorrer erros milimétricos que podem alterar os achados do trabalho e prejudicar a comparação do antes e depois dos tratamentos.

Nos dias de hoje, as técnicas de avaliação que utilizam a superimposição de imagens e o registro destas são consideradas o padrão ouro de avaliação do antes e

depois dos efeitos da Cirurgia Ortognática (De Vos, Casselman e Swennen, 2009; Claus *et al.*, 2019).

A base do crânio é o local de registro mais indicado para a avaliação de mudanças da posição da cabeça da mandíbula. Já para a avaliação do formato condilar o pescoço condilar ou a região posterior do ramo mandibular são as escolhidas (Koerich *et al.*, 2018; Claus *et al.*, 2019). Tais escolhas se devem ao fato de serem regiões que não sofrem alterações durante e após o procedimento cirúrgico.

Devido a incerteza da influência da cirurgia Ortognática, em detrimento do tratamento ortodôntico previamente realizado, sobre as alterações condilares e da fossa articular após sua execução, o objetivo deste estudo foi avaliar a existência de alterações no formato e posição da cabeça da mandíbula, além de alteração no formato da fossa da mandíbula após Cirurgia Ortognática comparando com pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico sem associação com a cirurgia. Além disso, diante da detecção de alterações, foi determinado em que local ocorreram.

2 ARTIGO: Evaluation of changes in position and shape of condyle and glenoid fossa after orthognathic surgery

A versão em inglês desse artigo, intitulado *Evaluation of changes in position and shape of condyle and glenoid fossa after orthognathic surgery*, foi submetida, no dia 18 de setembro de 2019, à apreciação (Anexo 1), visando à publicação, ao periódico International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, IJOMS. A estruturação do artigo baseou-se nas “Instruções aos autores” preconizadas pela editora do periódico.

Original Article

Evaluation of changes in position and shape of condyle and glenoid fossa after orthognathic surgery

Carolina Vieira Valadares¹, Gina D. Roque-Torres², Udochukwu Oyoyo³, Joseph M. Caruso⁴, Rodrigo Viecilli⁵, Deborah Queiroz de Freitas⁶, Gláucia Maria Bovi Ambrosano⁶

1- DDS, MS, PhD student, Department of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School, State University of Campinas, Piracicaba, SP, Brazil

2- DDS, MS, PhD, Researcher Associate, Center for Dental Research, Loma Linda University, Loma Linda, CA, USA

3- MPH, Assistant Professor, Dental Education Services, School of Dentistry, Loma Linda University, Loma Linda, CA, USA

4- DDS, MS, MPH, Distinguished Professor, Dept of Orthodontics/Associate Dean for Strategic Initiatives and Faculty Practice, School of Dentistry, Loma Linda University, Loma Linda, CA, USA

5- DDS, MS, PhD, Adjunct Associate Professor, Dept of Orthodontics, School of Dentistry, Loma Linda University, Loma Linda, CA, USA

6- DDS, MS, PhD, Associate Professor, Department Social Dentistry, Piracicaba Dental School, State University of Campinas, Piracicaba, SP, Brazil

Corresponding author:

Carolina Vieira Valadares

E-mail address: carol.v.valadares@gmail.com

Av. Limeira, 901, Areião - Piracicaba, SP – Brazil, 13414-90

Phone: 55 19 21065227

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the existence of changes in the condylar position, condylar- and fossa morphology, as well as the most affected region in each structure, between patients who had undergone orthodontic treatment with/without orthognathic surgery. A total of 60 patients (30 orthognathic and 30 orthodontic patients) were randomly selected. Using 3DSlicer software, "color map models" were created of each side of the patient and landmarks were placed to determine any modifications to that region. A descriptive analysis were performed, and The Mann Whitney, Kruskal Wallis, and Wilcoxon were applied. Comparing surgical with non-surgical patients, a statistically difference was obtained at the most superior region in the fossa shape. In addition, changes in medial, superior and most posterior surfaces of the condylar shape, as well as changes in the most anterior, medial and posterior regions of the condyle when position changes where analyzed. Among skeletal classes, positional differences between Class II and Class III appeared in the most superior region of the condylar space, and between Class I and Class III the most superior of the condyle shape were observed. In conclusion, there were modifications in condyle shape and position after orthognathic surgery in all surfaces of the condyle comparing with non-surgical cases and between each skeletal classification.

Keywords: Condyle; Resorption; Orthognathic Surgery.

INTRODUCTION

The alteration of the temporomandibular joint (TMJ) after orthognathic surgery has been studied.^{1,2,3} It's known that during the surgery, most of the patients have condylar changes in position. Post-surgery some patients develop associated TMJ disorders (TMD) such as pain, crepitus or remodeling/resorption.

Patients who had TMD symptoms/signs before the surgical procedure and those with skeletal Class II reported higher rates of condylar resorption.^{1,4,5} Condylar resorption, changes in condylar position and changes in shape are also the focus of many studies.^{2,3,6} However, the location where these changes take place is still uncertain.

Several papers are tried to identify the causes of the condylar resorption. According to Chigurupati (2018), the resorption may or may not be caused by orthognathic surgery.⁴ Politis *et al.* showed only about 1% of surgical patients have this post-surgical resorption.⁷ Other possible causes, not related to surgical procedures are age, gender, genetics, medications, or systemic disorders.

The amount of surgical orthognathic displacement, due to mandibular retraction and changes in the mandibular angle, might contribute to condylar resorption.^{4,8} To minimize the degenerative remodeling modifications in the condyle, devices to prevent condylar rotations began to appear. The first one was idealized by Leonard in 1976.^{9, 10, 11} Despite this, the manual control of the condylar position is the most widely used by surgeons.^{5,12}

Two-dimensional radiographs are one of the tools used to detect this condition.⁹ However, it is known that Cone Beam Computed Tomography (CBCT), producing a 3D image, is considered today to be the most appropriate imaging method to evaluate the TMJ boney structures.² With CBCT, clinicians and researchers can compare changes in the TMJ position using various voxel superpositions and image registrations.⁶

The aim of this study was to evaluate the changes in the condylar position, condylar- and joint-fossa format, as well as the most affected region in each structure, between patients who had orthodontic treatment with/without orthognathic surgery.

MATERIALS AND METHODS

The research was approved by the local ethics committee.

To perform this study, 120 patient who had had CBCT (NewTom 5G, QR Srl, Verona, Italy - 110 kVp, 5 mA, 18 x 16 cm field of view, 0.3-mm voxel, and 10 seconds scanning time) were randomly selected.

Half of the CBCTs (n=60) were from patients who had undergone orthognathic surgery (30 before treatment and 30 after 6 months of treatment). The other images (n=60) were from patients treated only with orthodontic appliances (30 before treatment and 30 after 6 months of treatment). These images correspond to the control group. The same group of surgeons performed all the orthognathic surgeries. CBCT images of patients who were younger than 18 years old, those with pathological alteration in the condyle, existing TMJ's disorders and large facial asymmetries were excluded from the study. The remaining, sample consisted of 60 individuals (42 females and 18 males), aged between 21 and 67 years old (mean age 31 years).

Patients were classified according to skeletal classification (Class I, II or III) using the ANB angle (Class I: 0 to 2 degrees; Class II: over than 2 degrees; Class III: less than 0 degree) as determined through multiplanar reconstructions of the patient's CBCT.

Measurements were then realized to determine the existence of any changes in condylar position, condylar and fossa shape. The evaluations were made using 3DSlicer 4.5.0-1 (Bringham and Women's Hospital, Boston, MA, USA) e ITK-SNAP 3.4.0 (University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, EUA), in a notebook HP Pavilion (Hewlett-Packard Company, Palo Alto, CA, USA) with 16 inches and 1366x768 of resolution.

Registration to analyze condyle position and fossa shape

To analyze the changes in condyle position and fossa shape, re-orientation of pre-treatment images (T1) was performed. The coronal and axial planes were used as reference. The coronal plane should cross through the center of both condyles and the axial plane should cross the most superior point of the right external meatus and the floor of both orbits.

The reorientation was performed only in T1, due to post-treatment images (T2) were reoriented using T1 as reference. Registration of T1 and T2 was made using the cranial base as reference. This structure was chosen because neither of the treatments (orthodontic with/without surgical procedure) does not produced any changes in this area (Figure 1).

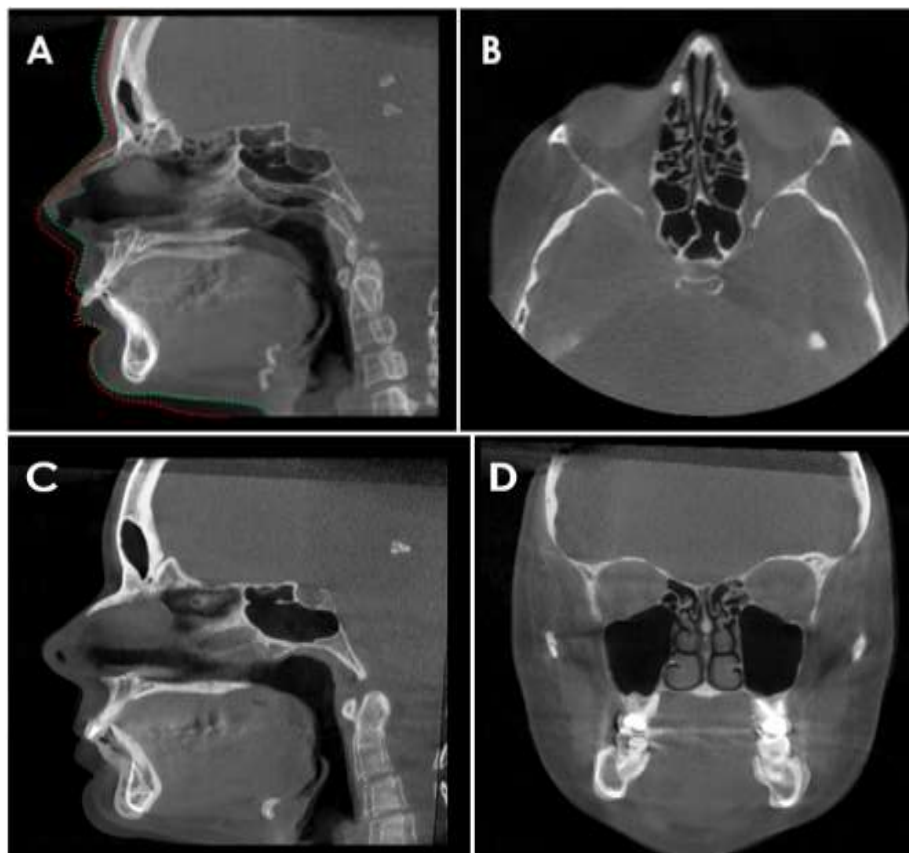


Figure 1: Registration of T2 using the cranial base of T1 as reference. A – T1 image (red) e T2 image (green) overlapped before the registration of T2 using cranial base as reference, B – Axial image of the complete registration of T2 and T1, C – Sagittal Image of the complete registration of T2 and T1, D – Coronal Image of complete registration of T2 and T1.

Registration to analyze condyle shape

For analyzing the change in condyle format, another re-orientation of T1 was made. For this evaluation, the axial plane should cross the mandibular notch and the sagittal plan should cross the mandibular ramus at vertical long axis. After the re-orientation of T1 the T2 images were registered, using T1 images as reference, at mandibular notch. This

anatomical structure was chosen because the treatment does not cause any modification in this area.

CONDYLAR POSITION AND FOSSA SHAPE MEASUREMENTS

After the optimized registration of T2, the region of interest (ROI) of the volume was selected and cropped. The limits of the ROI cut were: a) anterior limit: the most inferior point of the mandibular notch; b) posterior limit: posterior wall of the external acoustic meatus; c) inferior limit: gonion point in mandibular angle; d) superior limit: 2mm over the superior limit of fossa (Figure 2). The cut of T1 and T2 was realized at the same time because the images were overlapped (Figure 3), thus, the same ROI in both volumes were cut.

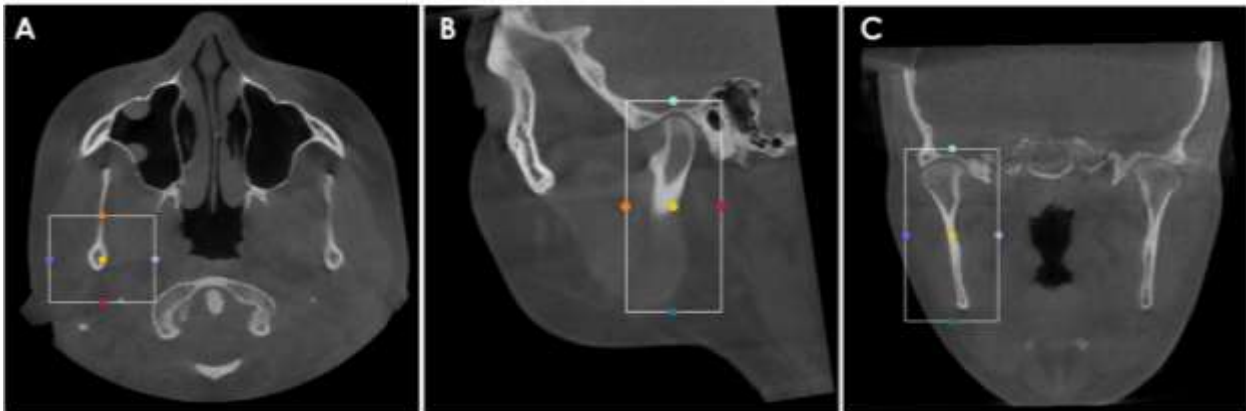


Figure 2: Defining the interested area. A – Anterior limit: most inferior point of the mandibular nosh (Orange); B – Posterior limit: posterior wall of the Porion (red); C – Inferior limit: Gonion point on the mandibular angle (blue); D – Superior limit: 2mm over the mandibular fossa (green)

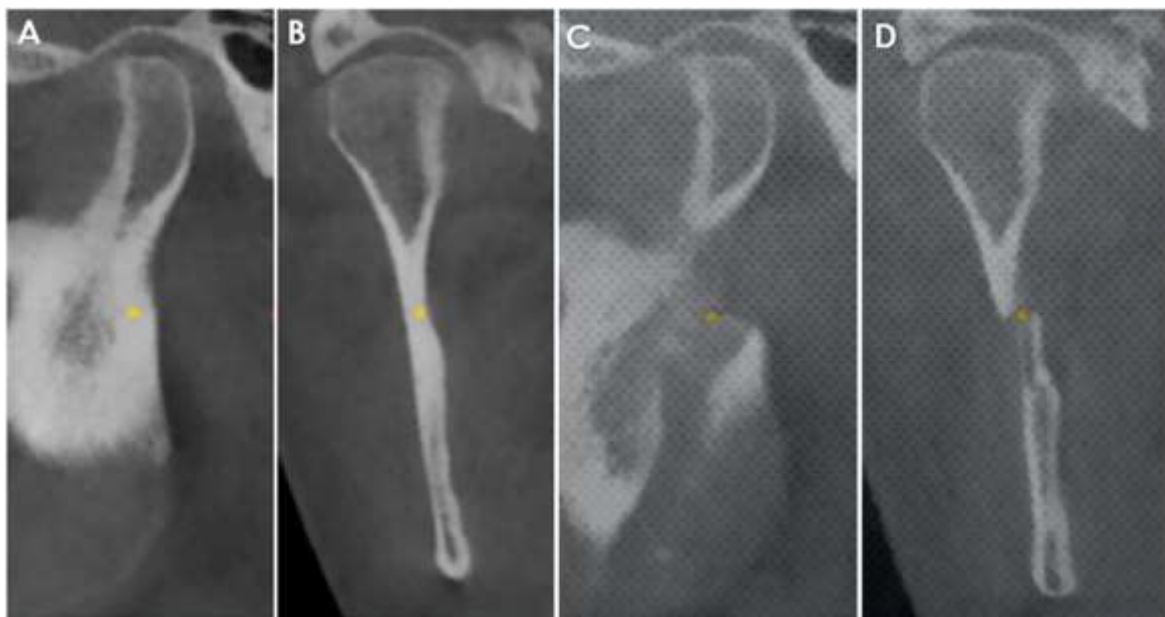


Figure 3: Interested area of T1 and T2 cropped. A – Sagittal view of T1's cropped volume; B – Coronal view of T1's cropped volume; C – Sagittal view of T2's cropped volume; D – Coronal view of T2's cropped volume.

After cropping the volume, the segmentation of the fossa and condyle area were done. Using the segmentation, 3D surface models were created of each anatomical region (Figure 4). Eight *.vtk* data files were created of each patient – two T1 condyle (right and left), two T1 fossa (right and left), two T2 fossa (right and left) and two T2 condyle (right and left).

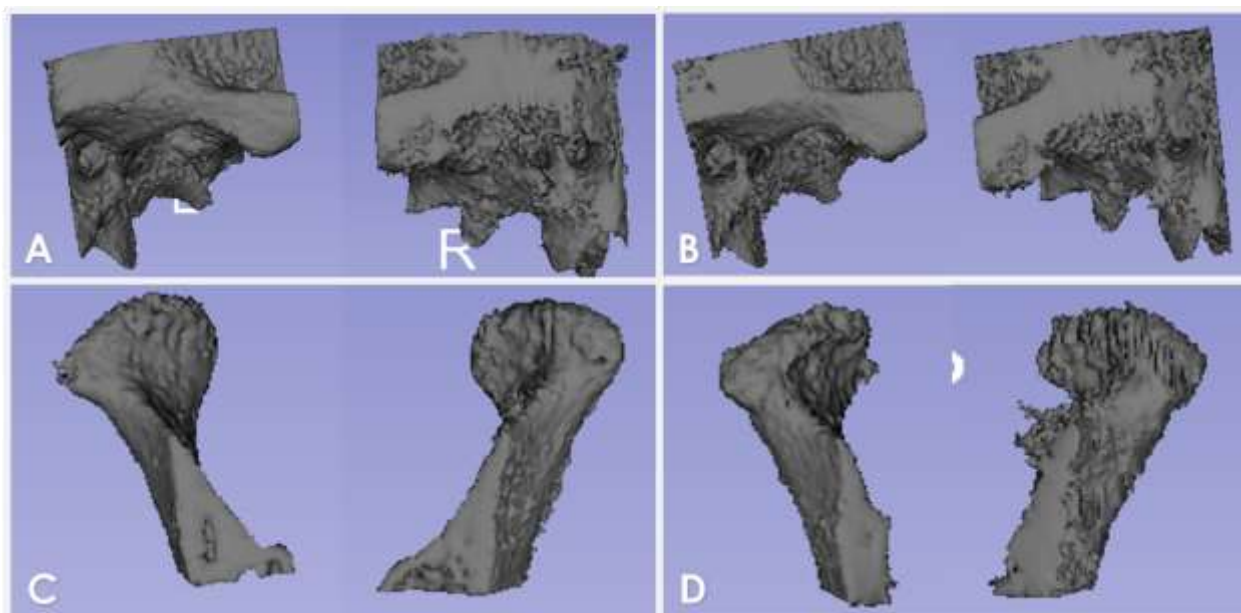


Figure 4: 3D models to evaluate the articular fossa shape and condyle position. A – T1 right and left fossa shape model; B – T2 right and left fossa shape model; C – T1 right and left condyle shape model; D – T2 right and left condyle shape model.

Using 3DSlicer software, T1 and T2 models were registered, creating four new 3D models (right condyle, left condyle, right fossa and left fossa), named “*Color Map Models*” (Figure 5). These new color map models (CMM) represent the resume of differences between T1 and T2.

Using the CMM, the 3DSlicer software module “Mesh Statistics” was used to calculate the modifications that occurred at the models expressed in millimeter (mm). Landmarks were placed on the CMM at the condyle model surface and fossa model surface (Table 1). Negative and positive value means a loss or gain of structure, respectively.

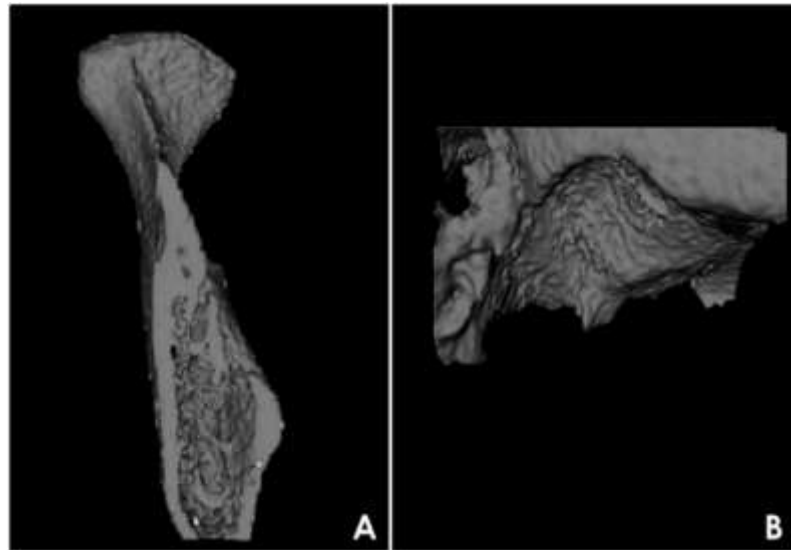


Figure 5: “*Color Map Models*”. A – Condyle position “color map model”; B – Fossa shape “color map model”.

Table 1: Landmarks placed in condyle and fossa surface.

	Landmark	Description
Fossa	Posterior Point	Most posterior point of the posterior wall of articular fossa
	Anterior Point	Most anterior point of anterior wall of articular fossa
	Superior Point	Most superior point of superior wall of articular fossa
	Medial Point	Most medial point of medial wall of articular fossa
Condyle Position	Anterior Point	Most anterior point of condyle
	Lateral Point	Most lateral point of condyle
	Medial Point	Most medial point of condyle
	Superior Point	Most superior point of condyle
	Posterior Point	Most posterior point of the condyle

CONDYLE SHAPE MEASUREMENTS

After the registrations were completed, the crop of the ROI was realized and the limits of cut were: a) anterior and inferior limits: most inferior part of the mandible nosh; b) superior limit: superior wall of fossa; c) posterior limits: anterior wall of external meatus; d) medial limit: medial wall of articular fossa (Figure 6).

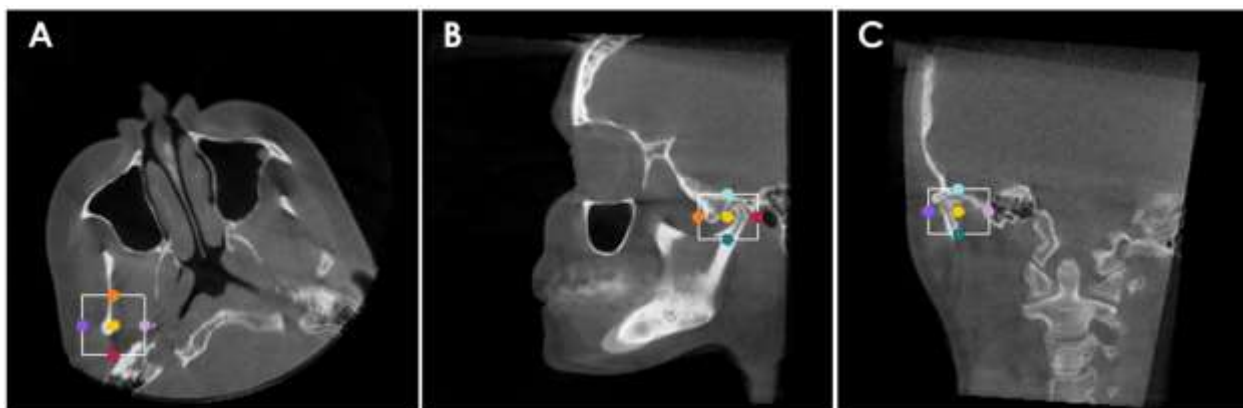


Figure 6: Selecting the ROI of evaluation. Anterior limit: most inferior part of the mandible nosh (orange); Inferior limit: most inferior part of the mandible nosh (blue); Superior limit: superior wall of fossa (green); Posterior limit: anterior wall of external meatus (red).

After cropping, the segmentation of the images was completed, and 3D models were produced (Figure 7). After segmentation, the “*color map models*” of the changes in condyle shape were made. Landmarks were placed at model surface (Table 2) and the values of change were obtained.

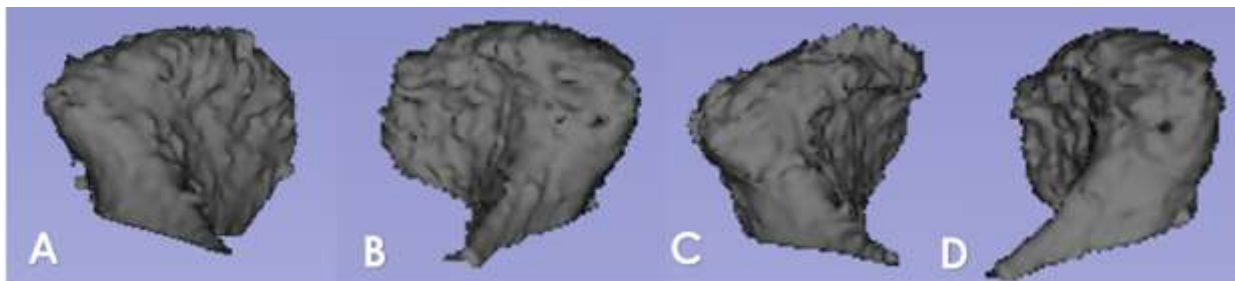


Figure 7: 3D models of T1 and T2 condyle shape changes. A and B – T1 3D models; C and D – T2 3D models.

Table 2: Landmarks placed in condyle shape model.

	Landmark	Description
Condyle shape	Anterior Point	Most anterior point of condyle
	Lateral Point	Most lateral point of condyle
	Medial Point	Most medial point of condyle
	Superior Point	Most superior point of condyle
	Posterior Point	Most posterior point of the condyle

CONDYLE VOLUME MEASUREMENT

For the analysis of the volumetric change between T1 and T2, ITK-Snap software was used. The cut volumes used for condylar format evaluation were also used in this evaluation. The segmentation of the condyle surfaces was made (Figure 8) and the volumetric value of T1 and T2 were provided by the program in cubic millimeters (mm³).

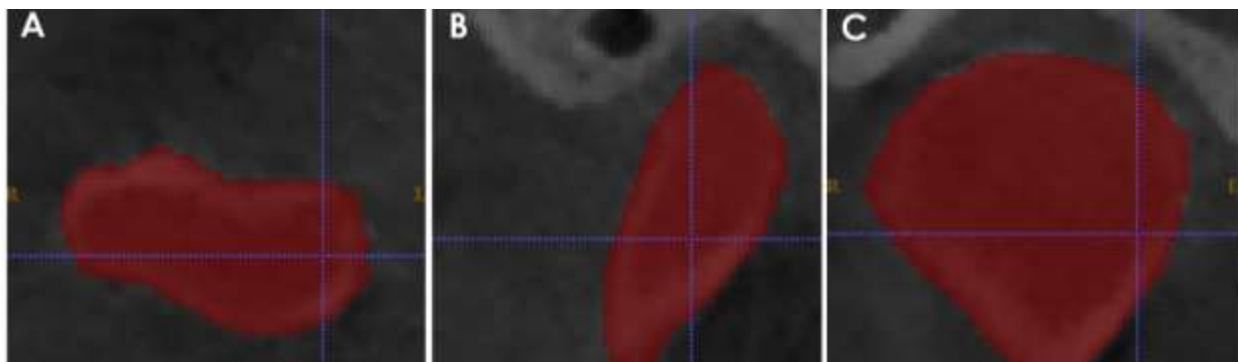


Figure 8: The segmentation of the condyle surfaces. A – Axial view; B - Sagittal view; C – Coronal view.

DATA ANALYSIS

To evaluate the intra-examiner reproducibility, a 20% random sample of the study measurements were reassessed using a washout period of 15 days following the first evaluation. The Intraclass Correlation Coefficient (ICC) was applied to evaluate the variability of the measurements obtained.

The Kruskal Wallis test was used to compare the changes in each skeletal classification (Class I, Class II and Class III) and a Dunn test was chosen for multiple comparisons. The Mann-Whitney test was also used to compare the surgical and non-surgical groups for changes in the shape, position and volume of the condyle and changes in the shape of the fossa. To compare the difference in the condylar volume of the patients before and after treatment, the Wilcoxon test was performed.

In all tests, the level of significance was 0.05 was chosen.

RESULTS:

An excellent intra-examiner agreement was obtained (ICC = 0.970, 95% confidence interval of 0.953-0.98).

The distribution of surgical and non-surgical patients according to gender, range of ages and skeletal class are shown in table 3.

Table 3. Distribution of patients according to sex, rule of age and skeletal class.

		Surgical (n=30)	No Surgical (n=30)
Gender	F	20 (66,67%)	22 (73,33%)
	M	10 (33,33%)	8 (26,67%)
Rule of ages	1 (21-31 years)	13 (43,33%)	8 (26,66%)
	2 (32-41 years)	10 (33,33%)	13 (43,33%)
	3 (42-51 years)	4 (13,33%)	5 (16,66%)
	4 (52-65 years)	3 (10,01%)	4 (13,35%)
Skeletal Class	I	5 (16,66%)	11 (36,66%)
	II	12 (40,00%)	11 (36,66%)
	III	13 (43,34%)	8 (26,68%)

The changes that occurred in TM fossa are shown in table 4. Comparing the changes between surgical with non-surgical Class I patients, a statistically significant difference was obtained ($p \leq 0.05$). In the superior region of the right fossa, a greater structural gain was observed in surgical patients (0.34mm) when compared with non-surgical patients (0.12mm). In the posterior region of the left fossa, loss of structures in the surgical patients (0.16 mm) and a slight structural gain in non-surgical patients (0.11 mm) was observed (Table 4).

When comparing the modification that occurred in surgical patients with different skeletal classification, no significant difference in fossa changes was found.

Table 3 shows the changes that occurred in the condylar shape. All the skeletal classes presented a statistically significant difference ($p \leq 0.05$) when comparing surgical and non-surgical models cases. Class I patients changes were in the medial and superior regions of the right side. In Class II and III patients, at the most posterior point and medial region showed the most change, respectively, both on the left side.

Regarding the condylar shape between surgical and non-surgical patients in the different skeletal classes, Class I surgical patients presented a greater structural increase (0.75 mm) and a slight structural loss (0.31 mm) in the medial and superior region, respectively (Table 5). Surgical Class II patients, showed changes at the posterior region of the left side, with a structural lost (0.06mm) (Table 5). Class III patients, a structural gain (0.40

mm) and lost (0.04 mm) was observed in the left medial region in the surgical and non-surgical group, respectively (Table 5).

Changes occurred in the different skeletal classes, with a statistically significant difference ($p \leq 0.05$) between surgical Class I and III patients. The most superior region on the right side showed resorption in Class I (0.31mm) and apposition in Class III patients (0.55mm) (Table 5).

Regarding the condylar position change (Table 6), a statistically significant difference was observed when comparing the surgical and non-surgical patients of the different skeletal classes. Class I patients presented differences in the anterior region of the left side, and in the medial and posterior region of the right side. Class II patients presented in the right medial region and, class III patients presented in the anterior, medial, superior and posterior regions, all of them in the right side (Table 6).

Moreover surgical Class I patients presented greater medial (0.44 mm) and posterior (0.68mm) displacement of the right side when compared to non-surgical patients. Class III patients presented a posterior displacement in the anterior region (0.36mm) and posterior region (0.23mm), as well as a downward displacement (0.11mm) of the right side (Table 6).

In addition, a statistically significant difference was observed in the anterior and medial regions of the left side. While, surgical patients presented a posterior (0.25) and medial (0.55) displacement in Class I and II patients, respectively.

Difference was observed in the superior region of the right side between surgical class II and III, suggesting a reduction (0.48mm) and increase (0.11mm) of the joint space, respectively (Table 6).

Finally, a slight volumetric increase (p -value 0.01, mean 41.1 mm³) was observed on the left condylar of the surgical cases (Table 7).

Table 4: Median (min and max) of the shape changes (mm) of the right and left fossa as a function of the surgery and the skeletal class

	Right	Median (min – max)			Left	Median (min – max)		
		Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)		Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
Surgery	Posterior Point	-.20 (-.25 – -.02)	.00 (-.63 – .30)	.08 (-.43 – 1.02)	Posterior Point	-.16* (-.58 – .02)	-.11 (-.31 – .41)	.09 (-.53 – .43)
	Anterior Point	.184 (-.59 – .56)	.06 (-1.24 – .72)	.35 (-.36 – .82)	Anterior Point	.24 (.03 – .32)	-.09 (-.36 – 5.37)	.01 (-.80 – .58)
	Superior Point	.34* (.12 – .62)	.155 (-.60 – .96)	.46 (-1.24 – 1.37)	Superior Point	-.16 (-.52 – .16)	.14 (-.71 – .62)	-.11 (-.89 – .79)
	Medial Point	-.42 (-.70 – .29)	-.09 (-.93 – .75)	-.16 (-.78 – .59)	Medial Point	-.05 (-.09 – .15)	-.04 (-.62 – .76)	-.06 (-.69 – .81)
No surgery	Posterior Point	-0.10 (-0.42 – 0.67)	-0.06 (-0.38 – 0.23)	-0.27 (-0.85 – 0.02)	Posterior Point	0.11 (-0.16 – 0.60)	0.14 (-0.14 – 0.49)	0.12 (-0.22 – 0.65)
	Anterior Point	-0.02 (-0.43 – 0.48)	0.03 (-0.33 – 0.72)	0.00 (-0.51 – 0.43)	Anterior Point	-0.15 (-0.71 – 0.44)	0.26 (-0.03 – 0.53)	0.22 (-0.09 – 0.9)
	Superior Point	0.12 (-0.31 – 0.93)	-0.10 (-0.32 – 0.26)	-0.26 (-1.23 – 0.48)	Superior Point	-0.01 (-0.56 – 0.36)	0.06 (-0.47 – 0.62)	0.14 (-0.46 – 0.73)
	Medial Point	0.13 (-0.42 – 0.95)	0.10 (-0.28 – 0.39)	-0.14 (-0.86 – 0.55)	Medial Point	0.18 (-0.08 – 0.37)	0.28 (-0.39 – 0.71)	-0.17 (-0.79 – 0.37)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions ($p \leq 0.05$)

Table 5: Median (min and max) of the shape changes (mm) of the right and left condyle as a function of the surgery and the skeletal class

	Right	Median (min – max)			Left	Median (min – max)		
		Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)		Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
Surgery	Anterior Point	.01 (-.74 – .23)	.05 (-.51 – .82)	.051 (-.46 – .53)	Anterior Point	.00 (-.49 – .35)	-.14 (-.50 – .46)	-.07 (-.57 – .42)
	Lateral Point	-.07 (-.73 – .59)	-.01 (-.52 – .33)	.26 (-.37 – 1.00)	Lateral Point	-.06 (-.36 – .42)	.10 (-.51 – .70)	.28 (-.32 – .87)
	Medial Point	.75* (.20 – 1.94)	.34 (-.33 – .67)	.38 (-.39 – 1.50)	Medial Point	.79 (-.27 – 1.31)	-.06 (-.87 – .83)	.40* (-.45 – 1.26)
	Superior Point	-.31 ^{b*} (-.60 – .28)	.14 ^{ab} (-.144 – .71)	.55 ^a (-.44 – 1.37)	Superior Point	-.04 (-.54 – .34)	-.13 (-.49 – 1.16)	.26 (-.52 – 1.06)
	Posterior Point	-.17 (-.38 – .69)	-.06 (-.53 – .34)	-.11 (-.35 – .53)	Posterior Point	-.26 (-.36 – 1.66)	-.06* (-.41 – .38)	-.14 (-.49 – .72)
No surgery	Anterior Point	0.10 (-0.20 – 0.68)	-0.11 (-0.70 – 0.43)	0.07 (-0.27 – 0.57)	Anterior Point	-0.18 (-0.51 – 0.09)	-0.21 (-0.42 – 0.39)	0.06 (-0.50 – 0.51)
	Lateral Point	0.04 (-0.46 – 0.60)	-0.20 (-0.65 – 0.28)	0.34 (-0.26 – 1.20)	Lateral Point	0.01 (-0.65 – 0.77)	0.02 (-0.39 – 0.37)	0.24 (-0.08 – 0.64)
	Medial Point	0.17 (-0.23 – 0.69)	0.19 (-0.42 – 0.60)	0.07 (-0.35 – 0.27)	Medial Point	0.16 (-0.22 – 0.55)	0.14 (-0.26 – 0.49)	-0.04 (-0.41 – 0.25)
	Superior Point	0.15 (-0.51 – 0.78)	0.10 (-0.42 – 1.39)	0.20 (-0.48 – 1.52)	Superior Point	0.17 (-0.57 – 0.99)	0.09 (-0.35 – 0.73)	0.09 (-0.70 – 1.57)
	Posterior Point	-0.05 (-0.34 – 0.26)	-0.04 (-0.35 – 0.22)	-0.10 (-0.46 – 0.34)	Posterior Point	0.10 (-0.29 – 0.61)	0.13 (-0.28 – 0.54)	-0.11 (-0.65 – 0.31)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions ($p \leq 0.05$)
Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups ($p > 0.05$)

Table 6: Median (min and max) of the position changes (mm) of the right and left condyle as a function of the surgery and the skeletal class

	Right	Median (min – max)			Left	Median (min – max)		
		Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)		Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
Surgery	Anterior Point	-.35 (-.73 – -.21)	-.46 (-1.48 – 1.02)	-.36* (-.92 – .052)	Anterior Point	-.25* (-.47 – -.06)	-.16 (-2.11 – .77)	.031 (-.54 – .62)
	Lateral Point	-.17 (-.46 – .68)	.15 (-.77 – 1.81)	.64 (-.61 – 2.41)	Lateral Point	.49 (.26 – 1.41)	.01 (-2.11 – 1.19)	.38 (-.19 – 2.55)
	Medial Point	.44* (.39 – 1.62)	.24 (-.34 – 2.72)	.10* (-.57 – .69)	Medial Point	.53 (-.30 – .86)	.55* (.05 – 1.99)	.29 (-.19 – 1.03)
	Superior Point	.27 ^{ab} (-.00 – 2.97)	.48 ^a (.04 – 2.06)	-.11 ^{b*} (-.46 – .90)	Superior Point	.63 ^a (.07 – 3.13)	.50 ^a (-.18 – 1.72)	.08 ^b (-.49 – .69)
	Posterior Point	.68* (.09 – 2.25)	.77 (-.75 – 1.52)	.24* (-.45 – 1.87)	Posterior Point	.20 (-.53 – 2.23)	.44 (-.34 – 2.24)	.01 (-.50 – .85)
No surgery	Anterior Point	-0.11 (-0.72 – 1.38)	-0.10 (-1.01 – 0.77)	0.00 (-0.38 – 0.53)	Anterior Point	0.11 (-0.54 – 1.49)	-0.08 (-1.28 – 0.99)	-0.07 (-0.53 – 0.63)
	Lateral Point	0.33 (-0.37 – 2.16)	0.07 (-0.49 – 0.86)	0.64 (-0.32 – 1.30)	Lateral Point	0.39 (-0.09 – 1.13)	0.26 (-0.68 – 1.26)	0.12 (-0.37 – 0.70)
	Medial Point	0.13 (-0.38 – 0.80)	0.68 (-0.51 – 4.80)	-0.14 (-0.42 – 0.31)	Medial Point	0.13 (-0.34 – 0.92)	0.35 (-0.22 – 3.27)	0.32 (-0.42 – 0.96)
	Superior Point	0.32 (-0.45 – 0.91)	0.57 (-0.28 – 3.48)	0.38 (-0.26 – 1.01)	Superior Point	0.29 (-0.24 – 1.42)	0.64 (-0.37 – 3.41)	0.01 (-0.72 – 0.54)
	Posterior Point	0.22 (-0.18 – 1.19)	0.42 (-0.38 – 2.15)	0.01 (-0.36 – 1.01)	Posterior Point	-0.01 (-0.64 – 0.76)	0.53 (-0.53 – 2.53)	0.16 (-0.24 – 0.93)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions ($p \leq 0.05$)

Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups ($p > 0.05$)

Table 7. Mean of changes in volume (mm³) of the right and left condyle

			Volume Mean	Change Mean	SD	<i>p</i> - <i>value</i>
Surgical	Right	T1	1535.5	-239.8	124	0.38
		T2	1538.4			
	Left	T1	1491.3*	41.09	94	
		T2	1450.2			
No Surgical	Right	T1	1720.6	10.6	122.74	0.15
		T2	1710			
	Left	T1	1685	25.42	122.18	
		T2	1660			

SD – Standard Deviation

* T1 differs from T2 in the same class conditions ($p \leq 0.05$)

DISCUSSION

The condylar remodeling is a reparative process in which several factors are considered as causes, including: age, gender, medication, systemic disorders, anatomical condylar, skeletal type, mandibular angle, among others^{2,4,13}. Orthognathic surgery is mentioned by some authors as one of the causes of TMJ disorders^{1,2}.

Condylar remodeling is a common finding after orthognathic surgery and patients who have undergone orthopedic treatment^{2,8,13}. Normally, in the posterior and superior regions reabsorption occurs and bone formation (apposition) occurs in the anterior region². The present study observed that there is mild condylar remodeling, mainly in the medial and superior regions in Class I patients, posterior region in Class II patients, and medial region in Class III patients.

Contact between the condyle and the joint fossa might cause remodeling of the condyle. The remodeling may be related to the tendency of displacement of the articular disc to the anterior region,¹⁴ as well as the action of muscle insertion at this region, such as of the lateral pterygoid muscle. According Cevidanes et al (2010), the force increased in the posterior region in cases of mandibular advancement becomes a risk factor for the emergence of condylar resorption¹³.

Most of the condylar modifications observed in this study corresponded to the right side of the patient. This fact does not corroborate the work of Silva et al (2017) who stated that the changes had no predilection on the side³.

During the surgical technique, it is believed that changes in condylar positioning may occur. Furthermore, changes in the condylar shape may arise due to the mechanical stress suffered by TMJ¹⁵. The present study observed changes in condyle position and shape, and was found to be a statistical difference in left condyle volume between preoperative and postoperative evaluation.

According to condylar position, we observed that the medial surface of the condyle changed its position in all skeletal classes. The surgical group presented the most changes. This result is similar to the finding of Felix et al. (2017), who observed a reduction of intercondylar angle, showing a tendency of condylar position changes after orthognathic surgery⁹. Han et al. (2016) observed changes in condylar position in the anterior, medial and inferior regions⁸.

Vale et al showed that in Class II patients there is a tendency for posterior and inferior displacement of the condyle, differently from the findings of the present study, which observed that in Class II surgical patients there was a tendency to modify the condylar position only in the medial surface¹⁶. The divergent results are probably due to the surgical technique used during the surgery, which are often different.

The increase in articular space after orthognathic surgery was one of the findings, but it was not observed relationship between the changes in articular space and the remodeling of mandibular condyle^{3,17}.

In the present study, changes were observed in the upper wall of the joint fossa in Class I patients, which may explain this possible increase in joint space volume. The increase in joint space can also be explained by the probable displacement of the articular disc to the anterior region, which cannot be assessment by CBCT.

Some research found an increase in condylar volume, a fact that agrees with the findings of the present study³. It can be explained by the adaptive biomechanical process of the condyle after the surgery³.

CONCLUSION

In conclusion, it was observed that patients who underwent Orthognathic surgery and those who were treated only orthodontically presented slight changes in the surface of the joint fossa and condyle (<1mm), a fact that hardly will cause clinical changes for the patient.

REFERENCES

1. Catherine, Z., Courvoisier, D. S. & Scolozzi, P. Are condylar morphologic changes associated with temporomandibular disorders in patients with orthognathia? *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **122**, e44–e50 (2016).
2. Claus, J. D. P., Koerich, L., Weissheimer, A., Almeida, M. S. & Belle de Oliveira, R. Assessment of condylar changes after orthognathic surgery using computed tomography regional superimposition. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* (2019). doi:10.1016/j.ijom.2019.02.009
3. da Silva, R. J. *et al.* Changes in condylar volume and joint spaces after orthognathic surgery. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* **47**, 511–517 (2018).
4. Chigurupati, R. & Mehra, P. Surgical Management of Idiopathic Condylar Resorption: Orthognathic Surgery Versus Temporomandibular Total Joint Replacement. *Oral Maxillofac. Surg. Clin. North Am.* **30**, 355–367 (2018).
5. Berger, M. *et al.* Electromagnetic navigated condylar positioning after high oblique sagittal split osteotomy of the mandible: a guided method to attain pristine temporomandibular joint conditions. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.* **125**, 407-414.e1 (2018).
6. Han, Y.-S., Jung, Y.-E., Song, I.-S., Lee, S.-J. & Seo, B. M. Three-dimensional CT assessment of temporomandibular joint stability after orthognathic surgery. *J. Oral Maxillofac. Surg.* (2016). doi:10.1016/j.joms.2016.02.010
7. Politis, C., Van De Vyvere, G. & Agbaje, J. O. Condylar Resorption After Orthognathic Surgery. *J. Craniofac. Surg.* **30**, 169–174 (2019).
8. Ferri, J., Nicot, R., Maes, J. M., Raoul, G. & Lauwers, L. Condylar resorptions and orthodontic-surgical treatment: State of the art. *Int. Orthod.* **14**, 503–527 (2016).
9. da Silva Félix Junior, W. *et al.* Radiographic evaluation of condylar positioning in

-
- patients undergoing orthognathic surgery. *Oral Maxillofac. Surg.* **21**, 419–423 (2017).
10. Jung, G. S. *et al.* The effect of a condylar repositioning plate on condylar position and relapse in two-jaw surgery. *Arch. Plast. Surg.* **44**, 19–25 (2017).
 11. Lartizien, R. *et al.* Learning condyle repositioning during orthognathic surgery with a surgical navigation system. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* (2019). doi:10.1016/j.ijom.2019.01.018
 12. Gerressen, M., Zadeh, M. D., Stockbrink, G., Riediger, D. & Ghassemi, A. The Functional Long-Term Results After Bilateral Sagittal Split Osteotomy (BSSO) With and Without a Condylar. 1624–1630 (2006). doi:10.1016/j.joms.2005.11.110
 13. Cevidanes, L. H. S., Hajati, A. & Paniagua, B. Quantification of condylar resorption in temporomandibular joint osteoarthritis. *YMOE* **110**, 110–117 (2010).
 14. Firoozei, G., Shahnaseri, S., Momeni, H. & Soltani, P. Evaluation of orthognathic surgery on articular disc position and temporomandibular joint symptoms in skeletal class II patients: A Magnetic Resonance Imaging study. *J. Clin. Exp. Dent.* **9**, e976–e980 (2017).
 15. Catherine, Z., Breton, P., Bouletreau, P. Condylar resorption after orthognathic surgery: A systematic review. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale.* **243**, 1-8 (2015).
 16. Vale, F. *et al.* Condylar response to large mandibular advancement combined with maxillary impaction and counterclockwise rotation: A computed tomographic study. *J. Clin. Exp. Dent.* **10**, e891–e901 (2018).
 17. Jung, J., Kim, J. H., Lee, J. W., Ohe, J. Y. & Choi, B. J. Three-dimensional volumetric analysis of condylar head and glenoid cavity after mandibular advancement. *J. Cranio-Maxillofacial Surg.* **46**, 1470–1475 (2018).
 18. Holzinger, D. *et al.* Changes of temporomandibular joint position after surgery first orthognathic treatment concept. *Sci. Rep.* **9**, 1–8 (2019).

3 CONCLUSÃO

Concluiu-se que, tanto os pacientes que passaram por cirurgia ortognática quanto os que foram tratados apenas ortodonticamente apresentaram leve alteração em sua superfície da fossa articular e na superfície, porém todas as diferenças encontradas foram muito pequenas, fato esse que dificilmente causará alterações clínicas para o paciente.

REFERÊNCIAS*

Al-Saleh MAQ, Punithakumar K, Lagravere M, Boulanger P, Jaremko JL, Wolfaardt J, et al. Three-dimensional morphological changes of the temporomandibular joint and functional effects after mandibulotomy. *J Otolaryngol - Head Neck Surg.* 2017;46(1):1–14.

Berger M, Nova I, Kallus S, Ristow O, Eisenmann U, Dickhaus H, et al. Electromagnetic navigated condylar positioning after high oblique sagittal split osteotomy of the mandible: a guided method to attain pristine temporomandibular joint conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2018;125(5):407-414.

Brusati R, Fiamminghi L, Sesenna E. Functional disturbances of the inferior alveolar nerve after sagittal osteotomy of the mandibular ramus: Operating technique for prevention. *J Maxillofac Surg* 1981; 9:123.

-Catherine Z, Courvoisier DS, Scolozzi P. Are condylar morphologic changes associated with temporomandibular disorders in patients with orthognathia? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016;122(2):e44–50.

Chigurupati R, Mehra P. Surgical Management of Idiopathic Condylar Resorption: Orthognathic Surgery Versus Temporomandibular Total Joint Replacement. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2018;30(3):355–67.

Choi KY, Lee SH. Evaluation of condylar position using computed tomography following bilateral sagittal split ramus osteotomy. *J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg* 1996;18:570-93.

Claus JDP, Koerich L, Weissheimer A, Almeida MS, Belle de Oliveira R. Assessment of condylar changes after orthognathic surgery using computed tomography regional superimposition. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019.

De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofa-cial region: a systematic review of the literature. *Int J*

* De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors - Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Oral Maxillofac Surg 2009;38:609–25.

Firoozei G, Shahnasari S, Momeni H, Soltani P. Evaluation of orthognathic surgery on articular disc position and temporomandibular joint symptoms in skeletal class II patients: A Magnetic Resonance Imaging study. J Clin Exp Dent. 2017;9(8):e976–80.

Frey DR, Hatch JP, Van Sickels JE, Dolce C, Rugh JD. Effects of surgical mandibular advancement and rotation on signs and symptoms of temporomandibular disorder: a 2-year follow-up study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133.

Gerressen M, Zadeh MD, Stockbrink G, Riediger D, Ghassemi A. The functional long-term results after bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) with and without a condylar positioning device. J Oral Maxillofac Surg. 2006; 64:1624-1630.

Gulsen, A., Sibar, S., Ozmen, S. Orthognathic treatment of facial asymmetry due to temporomandibular joint ankylosis. Arch Plas Surg. 2018; 45(1): 74-79.

Holzinger D, Willinger K, Millesi G, Schicho K, Breuss E, Wagner F, et al. Changes of temporomandibular joint position after surgery first orthognathic treatment concept. Sci Rep. 2019;9(1):1–8.

Jung GS, Kim TK, Lee JW, Yang JD, Chung HY, Cho BC, et al. The effect of a condylar repositioning plate on condylar position and relapse in two-jaw surgery. Arch Plast Surg. 2017;44(1):19–25.

Koerich LD, Burns D, Weissheimer A, Claus JDP. Three-dimensional maxillary and mandibular regional superimposition using cone beam computed tomography: a validation study. Int J O Maxillofac Surg 2016;45:662–9.

Lartizien R, Zaccaria I, Savoldelli C, Noyelles L, Chamorey E, Cracowski JL, et al. Learning condyle repositioning during orthognathic surgery with a surgical navigation system. Int J Oral Maxillofac Surg. 2019:1-5.

Lye KW. Effect of orthognathic surgery on posterior airway space (PAS) Effect of Orthognathic Surgery on the Posterior Airway Space (PAS). 2014:1-5

- McNamara Jr JA. Components of Class II malocclusion in children 8-10 years of age. *The Angle Orthodontist*. 1981; 51(3):177-202.
- Nunes de Lima V, Faverani LP, Santiago JF, Palmieri C, Magro Filho O, Pellizzer EP. Evaluation of condylar resorption rates after orthognathic surgery in class II and III dentofacial deformities: A systematic review. *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2018;46(4):668–73.
- Paolo C, Pompa G, Arangio P, Nunno A, Di Carlo S, Rosella D, Papi1 P, Cascone P. Evaluation of Temporomandibular Disorders before and after Orthognathic Surgery: Therapeutic Considerations on a Sample of 76 Patients. *Journal od International Society of Preventive and Community Dentistry*. 2017;7(2): 125-129.
- Politis C, Van De Vyvere G, Agbaje JO. Condylar Resorption After Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg*. 2019;30(1):169–74.
- Rezende Frey D, Hatch JP, Van Sickels JE, Dolce C, Rugh JD. Effects of surgical mandibular advancement and rotation on signs and symptoms of temporomandibular disorder: a 2-year follow-up study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133-490.
- Santos FT, Sciescia R, Santos PL, Weckwerth V, Dela Coleta Pizzol KE, Queiroz TP. Is Low-Level Laser Therapy Effective on Sensorineural Recovery After Bilateral Sagittal Split Osteotomy? Randomized Trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2019;77(1):164–73.
- Sebastiani AM, de Lucas Corso PFC, Bonotto D, de Souza JF, da Costa DJ, Scariot R, et al. Does orthognathic surgery improve myofacial pain in individuals with skeletal class III? One-year follow-up. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2018;126(4):322–30.
- da Silva RJ, Valadares Souza C V., Souza GA, Ambrosano GMB, Freitas DQ, Sant’Ana E, et al. Changes in condylar volume and joint spaces after orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2018;47(4):511–7.
- te Veldhuis EC, te Veldhuis AH, Bramer WM, Wolvius EB, Koudstaal MJ. The effect of orthognathic surgery on the temporomandibular joint and oral function: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017;46(5):554–63.

Wolford LM, Reiche-Fischel O, Mehra P. Changes in temporomandibular joint dysfunction after orthognathic surgery. J Oral Maxillofac Surg 2003;61:655-60.

APÊNDICE 1 - METODOLOGIA DETALHADA

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Loma Linda University – Califórnia/EUA sendo aprovada sua execução – *Certification Number*: 5170209 (Anexo 2).

SELEÇÃO DA AMOSTRA

Foram utilizadas 120 imagens de TCFC, sendo que 60 imagens faziam parte de um grupo de indivíduos submetidos a tratamento orto-cirúrgico e 60 de pacientes que realizam apenas tratamento com aparelho ortodôntico fixo. Este último, foi considerado o grupo controle da pesquisa. De cada grupo de 60 imagens de TCFC, 30 delas correspondiam a TCFC realizadas antes do tratamento e as outras 30 restantes correspondiam a TCFC realizada até seis meses de pós tratamento.

Assim, a amostra era composta por um total de 60 indivíduos, sendo 42 do sexo feminino e 18 do sexo masculino, com idades entre 21 e 67 anos (média de idade 31 anos). Quanto a classificação esquelética, 16 indivíduos eram Classe I esquelético, 23 eram Classe II e 21 eram Classe III.

As imagens foram selecionadas por um pós-graduando em Radiologia Odontológica, a partir dos arquivos de exames de pacientes atendidos no Departamento de Ortodontia da Loma Linda University – Califórnia, Estudos Unidos. Foram excluídas da amostra imagens de pacientes menores de 18 anos, que possuíssem alguma grande assimetria facial, alteração na região de ATM e que apresentassem patologia na região de cabeça e pescoço.

Todos os pacientes do grupo de estudo possuíram sua cirurgia Ortognática realizada pela mesma equipe de profissionais que correspondiam aos Residentes e tutores da área de Cirurgia Buco-maxilo-facial da LLU.

OBTENÇÃO DAS IMAGENS

As imagens por TCFC foram adquiridas por meio do tomógrafo NewTom 5G (QR Srl, Verona, Itália), com os parâmetros de exposição de 110 kVp e 5 mA, tempo de aquisição de 10 s, com voxel de 0,3 mm. O *Field of View* (FOV) utilizado foi de 18 x 16 cm, pois eram imagens utilizadas para planejamento de tratamento ortodôntico ou ortocirúrgico. Foi utilizado somente imagens com esse FOV pela necessidade de visualização da base do crânio e toda mandíbula para uma perfeita sobreposição das imagens (antes e depois).

Todas as imagens foram obtidas com os pacientes em posição supina e em máxima intercuspidação, com a cabeça estabilizada pelos próprios dispositivos do aparelho.

ANÁLISES REALIZADAS

A análise realizada tinha como intuito identificar possíveis modificações na estrutura da fossa articular e do côndilo, além de alterações no posicionamento condilar no interior da fossa articular e mudanças no seu volume.

Todas as etapas foram realizadas por uma avaliadora com experiência em Tomografia de Feixe Cônico e pós-graduanda em Radiologia Odontológica. Para a realização das medidas, foram utilizadas as reconstruções multiplanares e as ferramentas próprias dos softwares 3DSlicer 4.5.0-1 (Brigham and Women's Hospital, Boston, MA, USA) e ITK-SNAP 3.4.0 (University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, EUA), em um notebook HP Pavilion (Hewlett-Packard Company, Palo Alto, CA, USA) com tela de 16 polegadas e resolução de 1366 x 768 pixels.

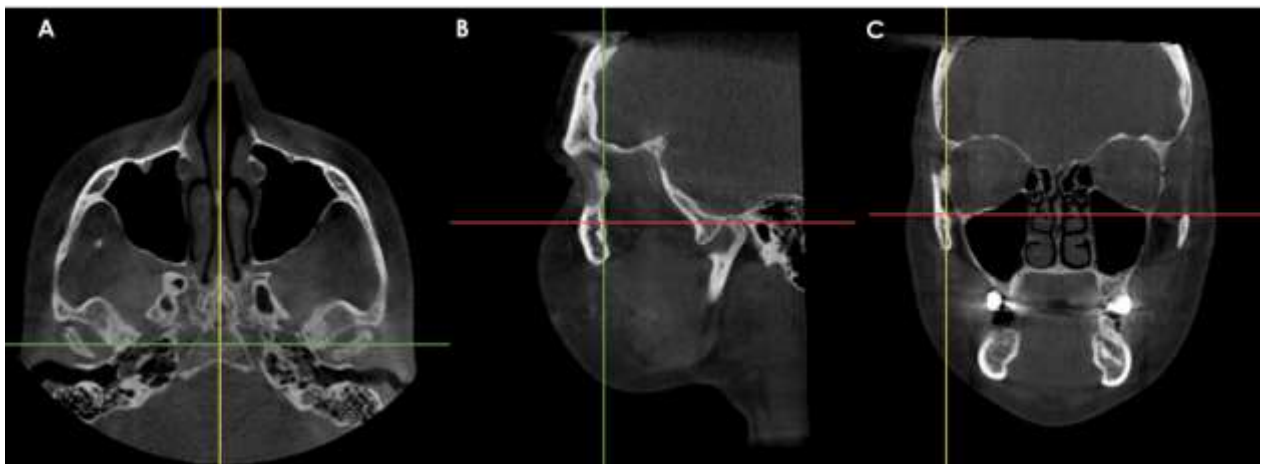
Todas as imagens foram classificadas em Classe I, Classe II ou Classe III de acordo com a relação entre a maxila e mandíbula fornecida pelo ângulo ANB. Se o valor do ângulo ANB estivesse entre 0 e 2° o paciente era classificado como Classe I, caso estivesse acima de 2° o paciente era classificado como Classe II, por sua vez, caso o ângulo fosse menor que 0° o paciente era classificado como Classe III. Tais medições foram realizadas no próprio software 3DSlicer.

É importante ressaltar que para a análise da mudança da forma do côndilo, da fossa articular e da posição do côndilo, foram criados modelos 3D. Tais modelos representavam o resultado final de toda modificação sofrida, e através deles o próprio programa nos fornecia em milímetro (mm) a mudança ocorrida. Assim, eram criados oito modelos para cada TCFC antes do tratamento e outros oito para cada TCFC após o tratamento: quatro para avaliação da fossa articular (direta e esquerda, antes e depois), quatro para avaliar o formato condilar (direto e esquerdo, antes e depois, antes e depois), quatro para avaliar a posição condilar (direto e esquerdo, antes e depois) e quatro para avaliar o volume condilar (direito e esquerdo, antes e depois).

A) ANÁLISE DO FORMATO DA FOSSA ARTICULAR E POSIÇÃO DO CÔNDILO:

Para análise da mudança no formato da fossa articular e mudança da posição do côndilo no interior da fossa, primeiramente foi realizada a reorientação das imagens tomográficas de antes da realização do tratamento (T1), tanto nas imagens do grupo controle como no grupo de estudo. Para tal, dois planos de orientação (Axial e Coronal) foram utilizados como auxílio. O plano coronal deveria passar pelo centro dos dois côndilos ao mesmo tempo (Figura 1A), o plano axial deveria tangenciar o ponto mais superior do meado acústico externo do lado direito, além de tangenciar, também, a região mais inferior o assoalho das órbitas direita e esquerda (Figura 1B e C).

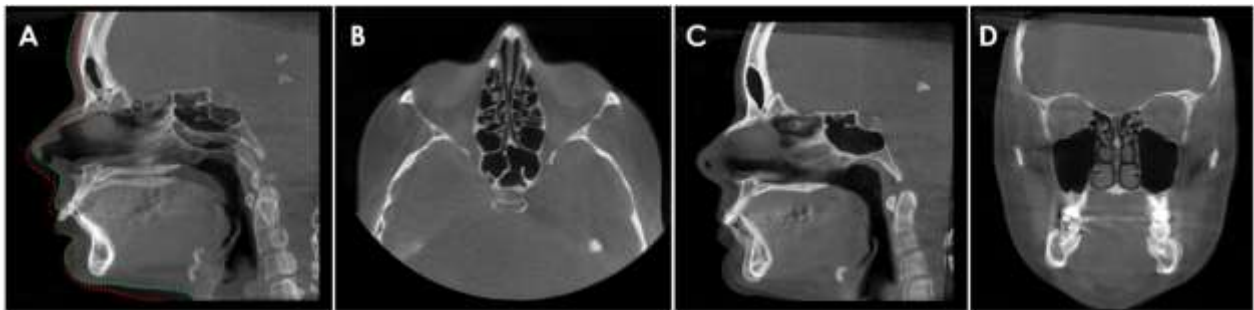
Figura 1: Reorientação das imagens tomográficas da cabeça.



A - Plano coronal (verde) passando pelo centro dos dois côndilos simultaneamente, B - plano axial (vermelho) tangenciando o ponto mais superior do meado acústico externo direito, C - plano axial tangenciando a região mais inferior o assoalho das órbitas direita e esquerda simultaneamente.

A reorientação foi realizada apenas nas imagens de T1, pois as imagens de T2 foram reorientadas utilizando como referência as imagens de T1. Para isso, foi a ferramenta de *registro* do software 3DSlicer foi utilizada. A base do crânio foi selecionada como local de registro de T2 sobre T1 por ser uma estrutura que não sofre nenhuma modificação durante o tratamento ortodôntico, sendo este cirúrgico ou não (Figura 2).

Figura 2: Registro da imagem da cabeça.

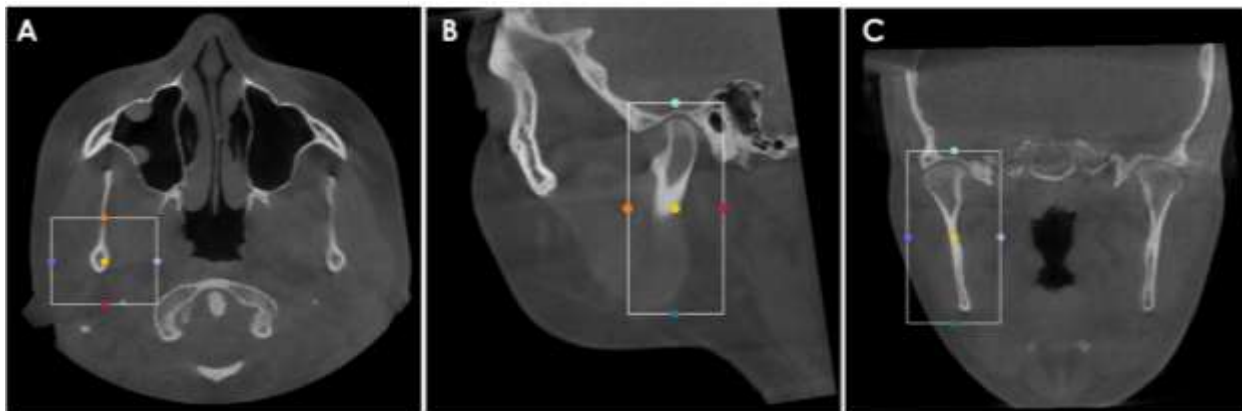


A - Imagens T1 (tracejado em vermelho) e T2 (tracejado em verde) sobrepostas antes da realização do registro de T2 com os ossos da base do crânio, B - Imagem axial do completo registro de T2, C - Imagem Sagital do completo registro de T2, D - Imagem Coronal do completo registro de T2.

Após o perfeito registro de T2 sobre a imagem de T1, foram realizados recortes das áreas de interesse do volume. Para a realização dos recortes, foram determinados pontos os quais representariam os locais limites para tal procedimento.

Para a realização do recorte para avaliação de mudanças na fossa articular e na posição condilar, os pontos para delimitar a região de interesse foram: a) limite anterior: região mais inferior da incisura mandibular; b) limite posterior: parede posterior do meato acústico externo; c) limite inferior: ponto gônio no ângulo mandibular; d) limite superior: 2mm acima da fossa articular. É importante salientar que os cortes em T1 e T2 eram realizados simultaneamente já que as imagens estavam sobrepostas (Figura 3).

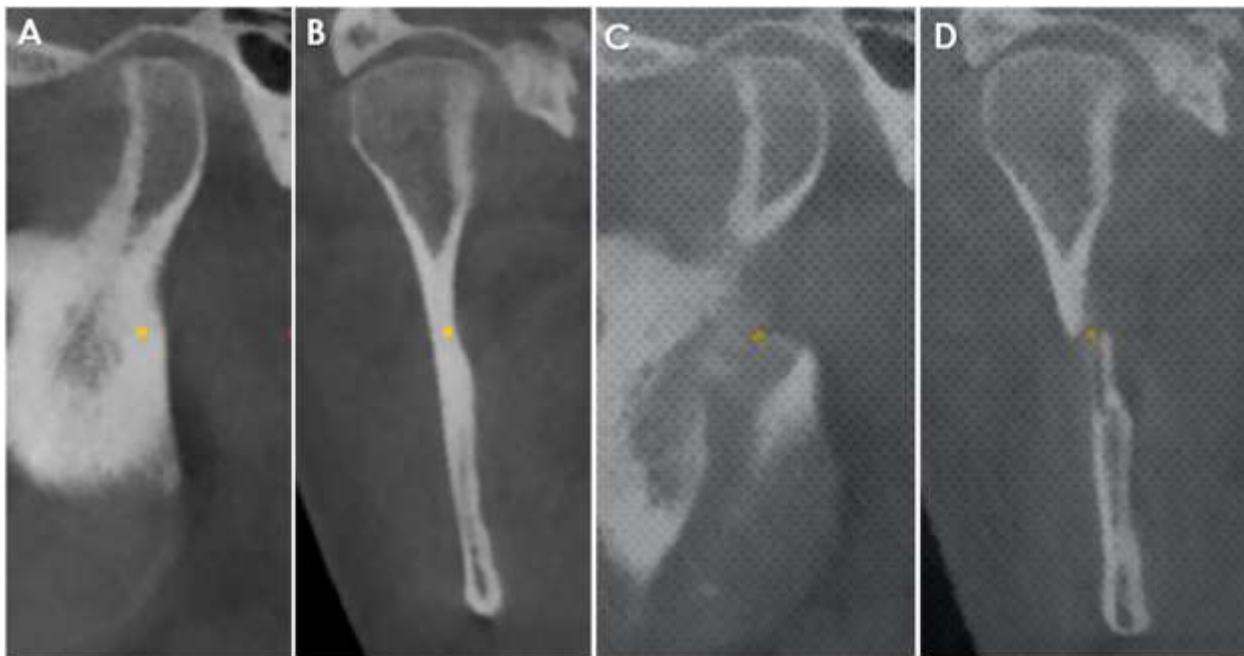
Figura 3: Delimitação da região de interesse:



A - Limite anterior: região mais inferior da incisura mandibular (laranja), B - Limite posterior: parede posterior do Pório (vermelho); C - Limite inferior: Ponto gônio no ângulo mandibular (azul); D - Limite superior: 2mm acima da fossa articular (verde).

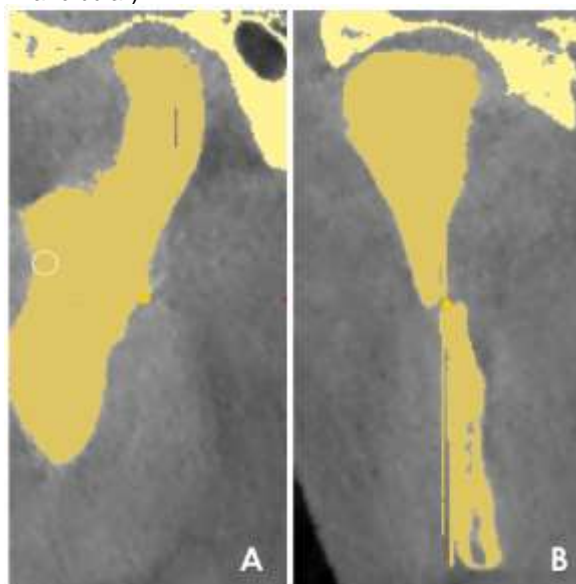
Após a seleção, o recorte da região a ser analisada foi realizado (Figura 4). Utilizando as imagens recortadas, a segmentação das imagens (Figura 5). Através desta, modelos 3D foram criados para cada região anatômica (Figura 6). Com os modelos 3D, foram criados os chamados “*Color Map Models*” (Figura 7). Estes novos modelos criados correspondem à unificação dos modelos de T1 e T2 e representam as modificações sofridas em cada região anatômica.

Figura 4: Cortes das áreas de interesse T1 e T2.



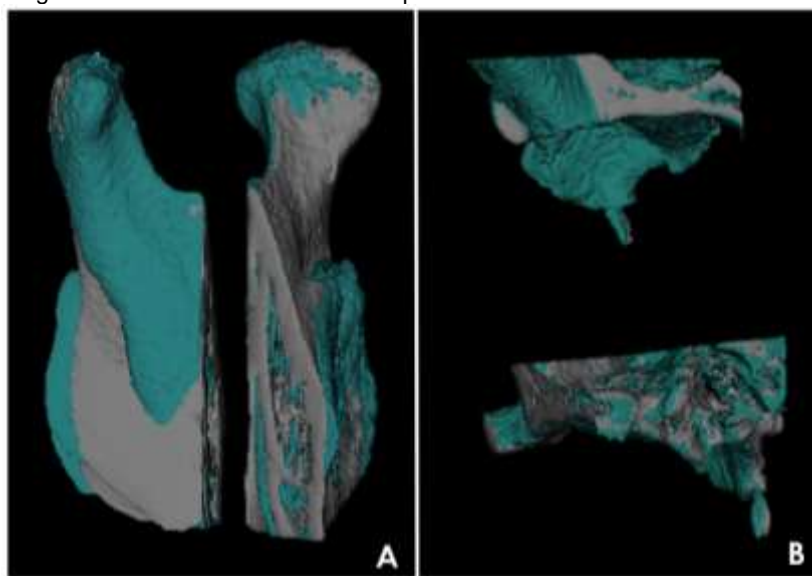
A - Vista sagital do corte na região de interesse em T1, B - Vista coronal do corte na região de interesse em T1, C - Vista sagital do corte na região de interesse em T2, D - Vista coronal do corte na região de interesse em T2.

Figura 5: Segmentação (Amarelo – segmentação da fossa articular; Marrom – segmentação côndilo e ramo mandibular).



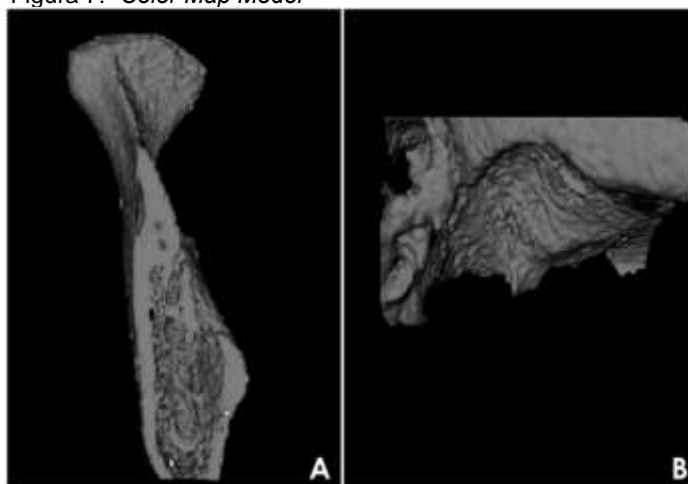
A – Vista sagital da segmentação, B – Vista coronal da segmentação.

Figura 6: Modelos 3D criados sobrepostos.



A – Modelos do côndilo e ramo mandibular T1/T2, B – Modelos da fossa articular T1/T2

Figura 7: “Color Map Model”



A – “Color Map Model” do côndilo e ramo mandibular, B – “Color Map Model” da fossa articular.

Utilizando o “*Color Map Model*”, pontos foram marcados nas superfícies dos modelos (Figuras 8 e 9). Quando esses pontos eram marcados, uma área ao redor deste ponto era selecionada pelo próprio programa e a média de modificações ocorridas naquela região eram calculadas (Figura 10).

Os pontos marcados na região de fossa articular foram os seguintes:

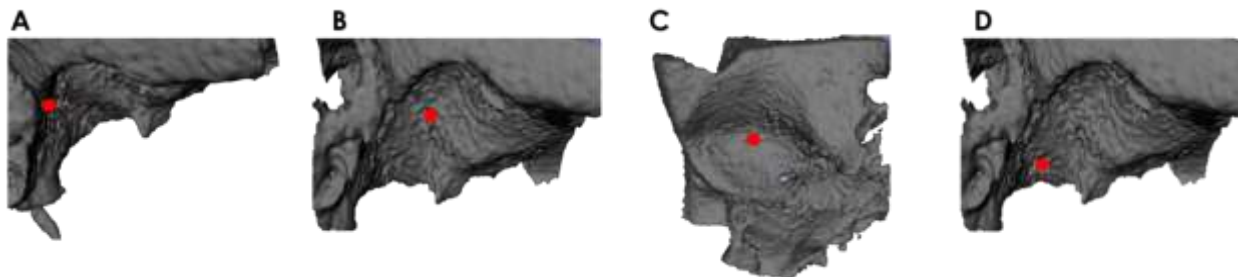
- Ponto 1: Ponto mais posterior da parede posterior da fossa articular (Figura 8A);
- Ponto 2: Ponto mais anterior na parede anterior da fossa articular (Figura 8B);
- Ponto 3: Ponto mais superior da parede superior da fossa articular (Figura 8C);
- Ponto 4: Ponto mais medial da parede medial da fossa articular (Figura 8D).

Já os pontos marcados na região de côndilo mandibular foram os seguintes:

- Ponto 1: Ponto mais anterior do côndilo mandibular (Figura 9A);
- Ponto 2: Ponto mais externo da superfície lateral do côndilo mandibular (Figura 9B);
- Ponto 3: Ponto mais externo da superfície medial do côndilo mandíbula (Figura 9C);
- Ponto 4: Ponto mais superior do côndilo mandibular (Figura 9D);
- Ponto 5: Ponto mais posterior do côndilo mandibular (Figura 9E).

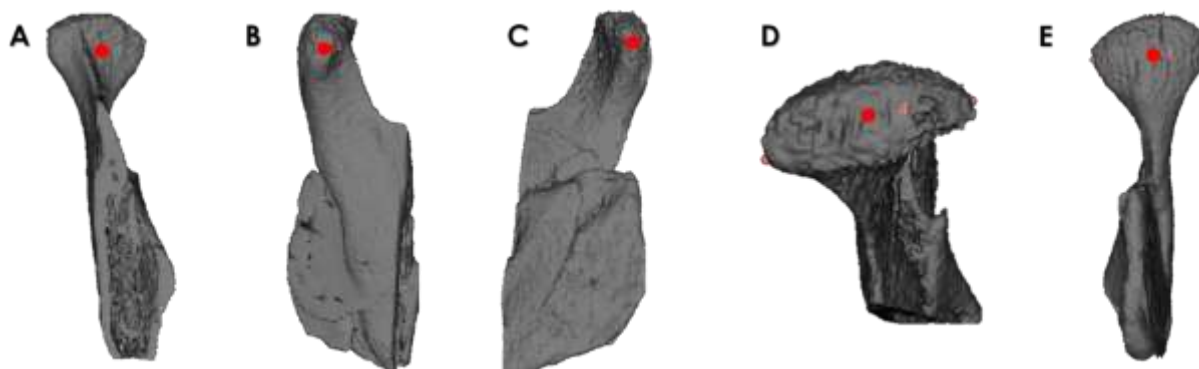
É importante salientar que todos procedimentos eram realizados tanto do lado direito quanto do lado esquerdo.

Figura 8: Pontos analisados em cada região da fossa articular para determinar a possibilidade de mudança no formato da mesma.



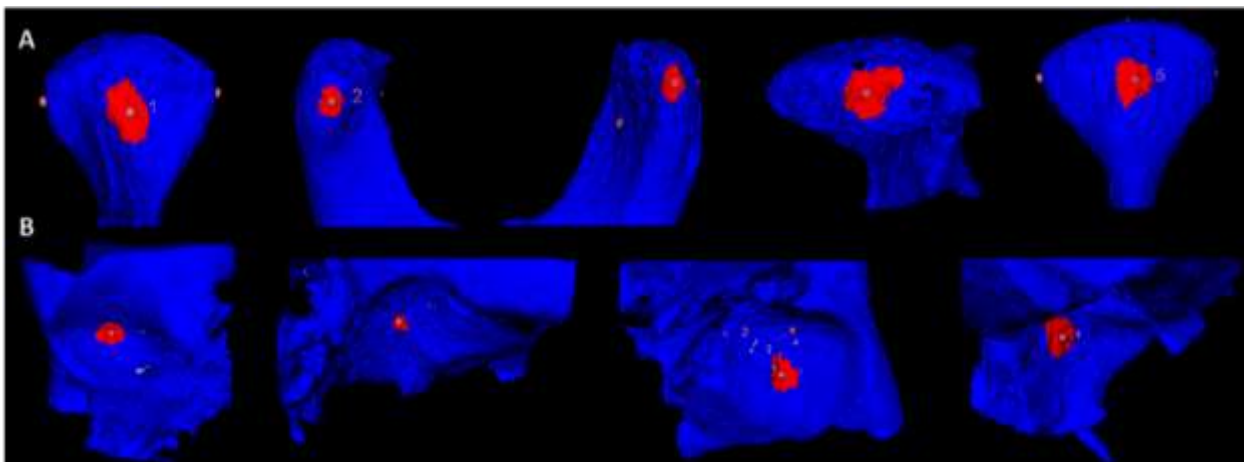
A - Ponto 1: Ponto mais posterior da parede posterior da fossa articular B – Ponto 2: Ponto mais anterior na parede anterior da fossa articular C – Ponto 3: Ponto mais superior da parede superior da fossa articular D – Ponto 4: Ponto mais medial da parede medial da fossa articular.

Figura 9: Pontos analisados em cada região condilar para determinar a possibilidade de mudança de posição do mesmo no interior da fossa articular.



A – Ponto 1: Ponto mais anterior do côndilo mandibular B – Ponto 2: Ponto mais externo da superfície lateral do côndilo mandibular C – Ponto 3: Ponto mais externo da superfície medial do côndilo mandibular D – Ponto 4: Ponto mais superior do côndilo mandibular E – Ponto 5: Ponto mais posterior do côndilo mandibular.

Figura 10: Áreas demarcadas pelo programa após a marcação dos pontos nas superfícies de interesse.



A – Áreas selecionadas no côndilo; B – Áreas selecionadas na fossa articular.

Após as marcações dos pontos e seleção das áreas a serem avaliadas, uma nova ferramenta do 3DSlicer foi utilizada, a “*Mesh Statistics*”. Esta ferramenta utiliza dos modelos de *Color Map* para fornecer os valores das modificações ocorridas entre T1 e T2 nas áreas específicos selecionados no modelo (Figura 11). Valores negativos representavam perda estrutural, por sua vez, valores positivos representavam ganho estrutural.

Figura 11: Tabela fornecida pela ferramenta “*Mesh Statistics*” representando todas as mudanças ocorridas comparando T1 e T2 através do “*Color Map Model*”.

Model	Min	Max	Mean	SD	Per5
1 output_V8_V9_ROI	-1.047	0.837	0.127	0.456	-0.713
2 output_V2_V9_ROI	-1.478	-0.247	-0.983	0.311	-1.427
3 output_V2_V8_ROI	-2.258	-0.613	-1.258	0.423	-2.091

AbsoluteMagNormDirDistance AbsolutePointToPointDistance SignedMagNormDirDistance Sign

Separate Files Export Value on Each Point

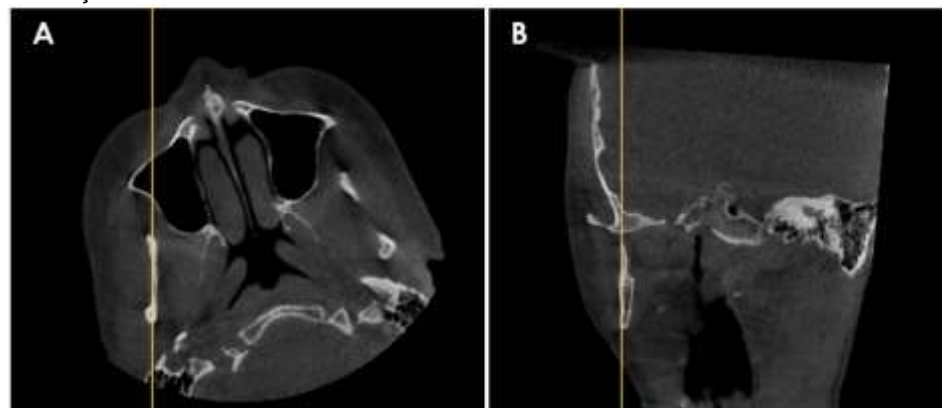
Export

Data Probe

B) ANÁLISE DO FORMATO DO CÔNDILO:

Para análise da mudança no formato condilar, primeiramente foi realizada a reorientação das imagens tomográficas de antes da realização do tratamento (T1), tanto nas imagens do grupo controle como no grupo de estudo totalizando 60 imagens. Para tal, o plano sagital foi utilizado como auxílio. Esse deveria interceptar tanto o longo eixo da incisura mandibular quanto o longo eixo do ramo mandibular (Figura 12).

Figura 12: Reorientação da imagem da tomográfica da cabeça para avaliação da mudança do formato condilar.



A – Plano sagital interceptando o longo eixo da incisura mandibular, B - Plano sagital interceptando o longo eixo do ramo mandibular.

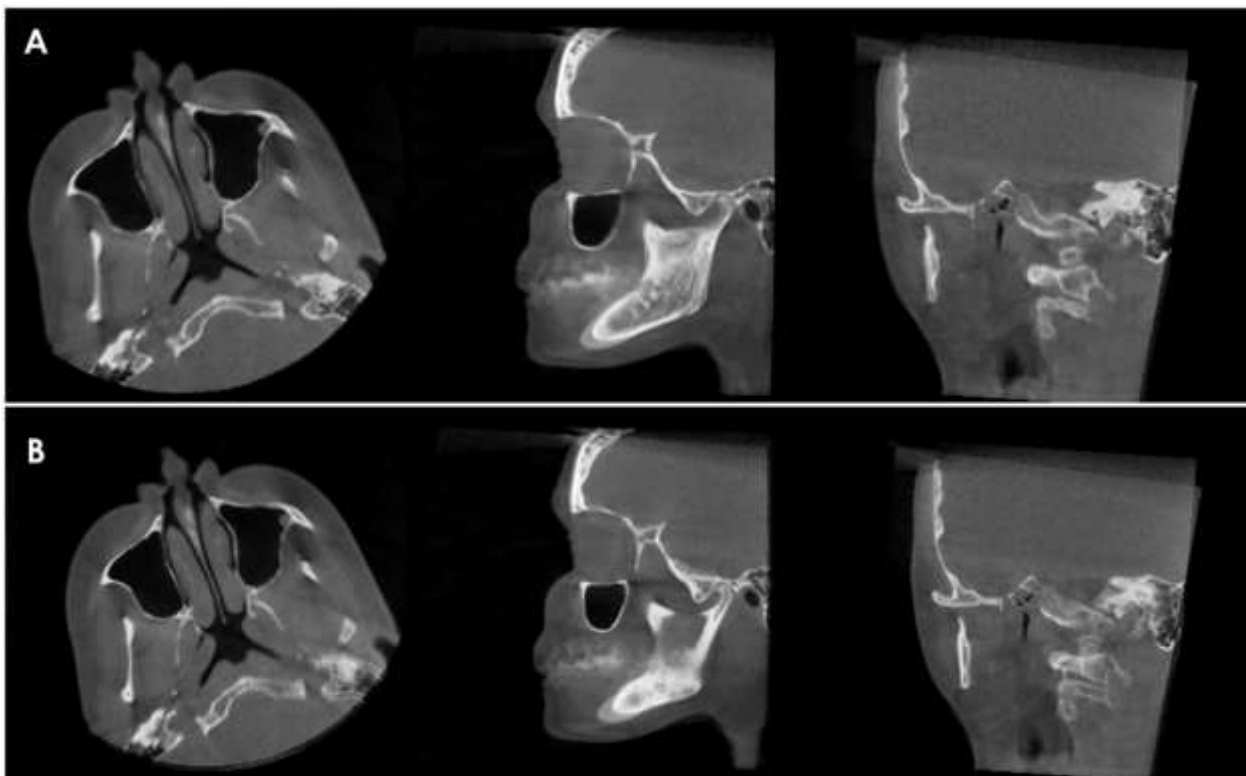
Assim como na avaliação de mudança de posicionamento condilar, a reorientação foi realizada apenas nas imagens de T1, pois as imagens de T2 foram posicionadas tendo como referência as imagens de T1. A ferramenta de registro de imagem foi novamente utilizada, onde o contorno da incisura mandibular foi a referência para a total sobreposição (Figura 13). Esta estrutura anatômica foi escolhida como local de registro da imagem, pois é uma estrutura que não é modificada durante o tratamento ortodôntico, sendo este cirúrgico ou não.

Após o perfeito registro de T2 sobre a imagem de T1, foi realizado o recorte da área a ser avaliada. Para isso, foram determinados pontos os quais representariam os locais limites para o recorte: a) limite anterior e inferior: região mais inferior da incisura

mandibular; b) limite superior: 2mm acima da parede superior da fossa articular; c) limite posterior: parede anterior do meato acústico externo; d) limite medial: parede medial da fossa articular (Figura 14). É importante enfatizar que o corte em T1 e T2 era realizado simultaneamente já que uma imagem estava sobreposta à outra (Figura 15).

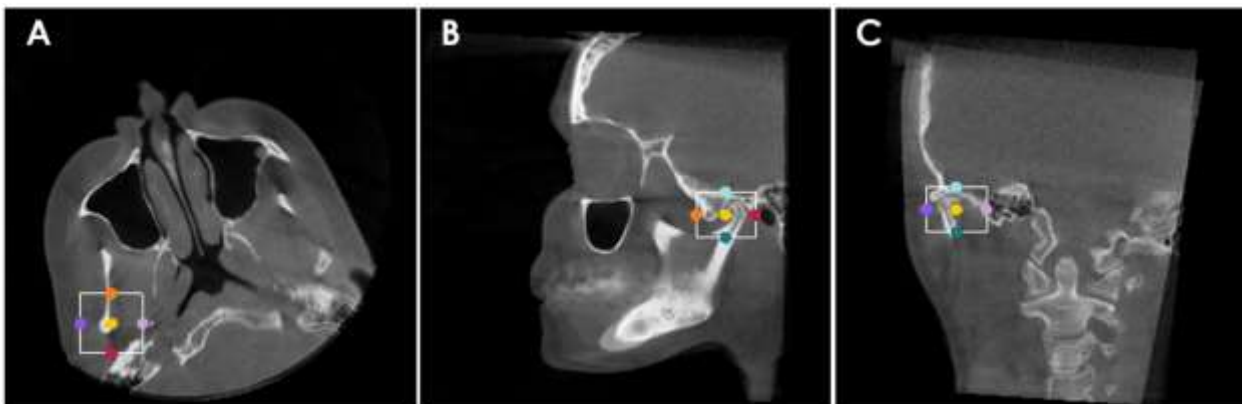
Após o recorte das imagens, cada uma delas passou pelo processo de segmentação (Figura 16). Através da segmentação foram construídos os modelos 3D e a partir deles os “*Color map models*”. Nestes foram marcados pontos (Figura 17) e, a partir deles, áreas foram selecionadas pelo próprio programa e a média de modificações ocorridas naquela região eram calculadas (Figura 18).

Figura 13: Registro da imagem da cabeça através da incisura mandibular.



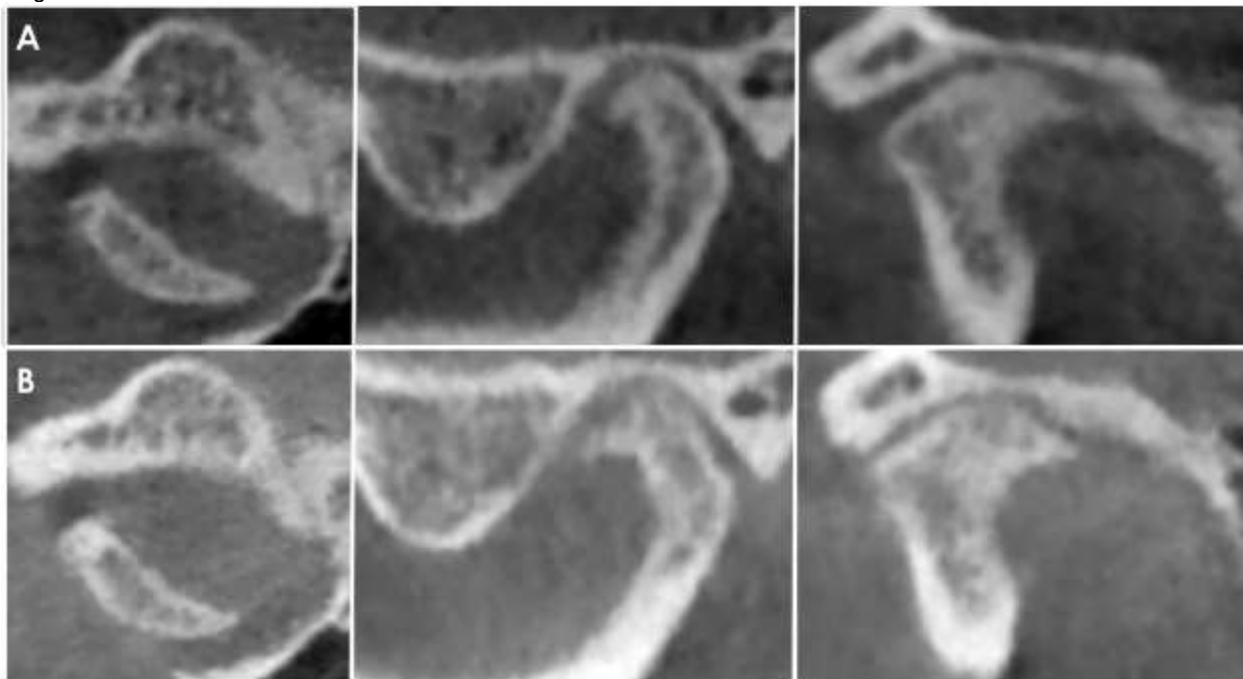
A - T2 sobrepondo a imagem de T1 antes da realização de registro, B – T1 e T2 totalmente sobrepostas após o registro das imagens.

Figura 14: Delimitação da área a ser avaliada e recortada.



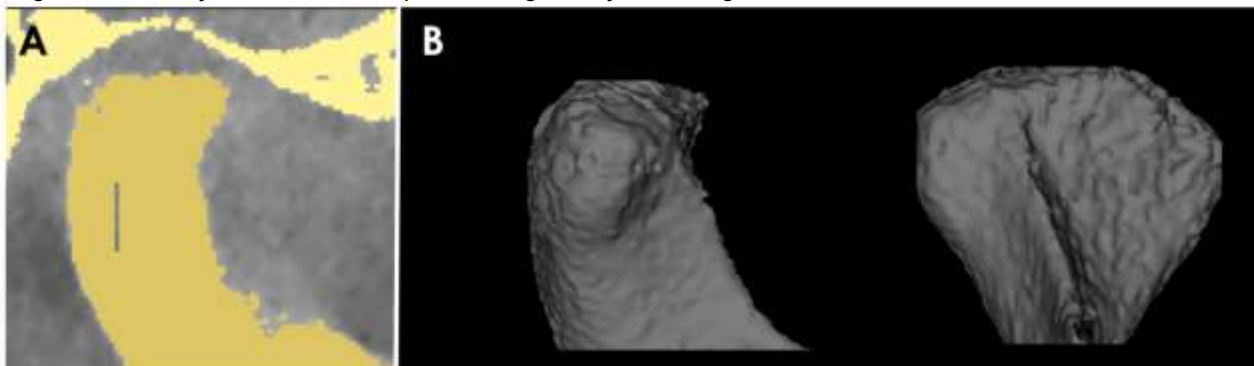
A - Limite anterior (laranja): região mais inferior da incisura mandibular, B - Limite anterior (laranja) e inferior (azul): região mais inferior da incisura mandibular; limite superior (verde): 2mm acima da parede superior da fossa articular; limite posterior (vermelho): parede anterior do meato acústico externo; C - Limite medial (roxo): parede medial da fossa articular.

Figura 15: Áreas a serem avaliadas recortadas.



A – T1 (axial, sagital, coronal) B – T2 (axial, sagital, coronal)

Figura 16: Formação dos modelos a partir da segmentação da imagem.



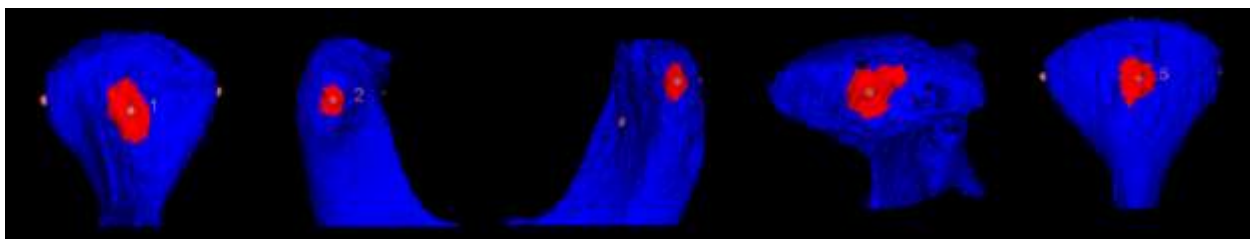
A – Segmentação da região condilar B – “Color map model”

Figura 17: Pontos analisados em cada região do côndilo mandibular para determinar a possibilidade de mudança no formato do mesmo.



A – Ponto 1: Ponto mais anterior do côndilo mandibular B – Ponto 2: Ponto mais externo da superfície lateral do côndilo mandibular C – Ponto 3: Ponto mais externo da superfície medial do côndilo mandibular D – Ponto 4: Ponto mais superior do côndilo mandibular E – Ponto 5: Ponto mais posterior do côndilo mandibular.

Figura 18: Áreas demarcadas pelo programa após a marcação dos pontos nas superfícies de interesse.

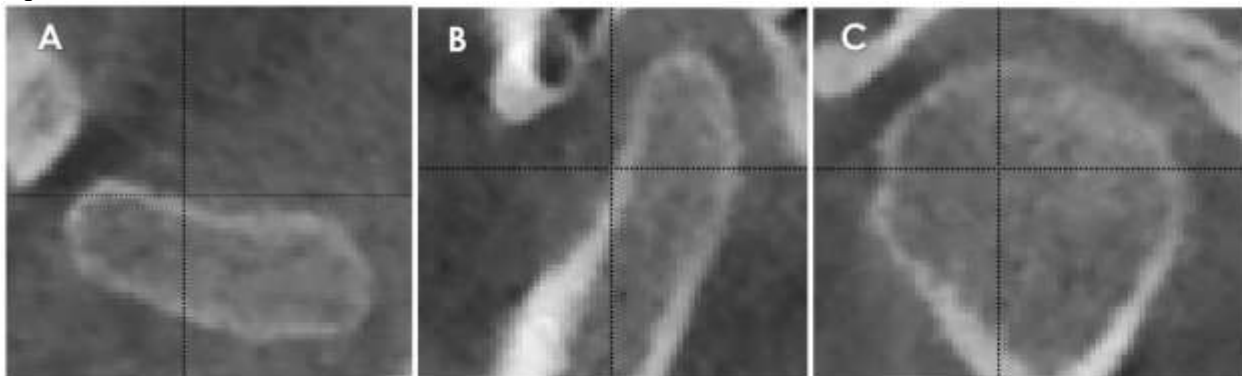


C) ANÁLISE DO VOLUME DO CÔNDILO:

Para a análise da mudança volumétrica, foi utilizado o software ITK-Snap, devido a familiaridade da avaliadora quanto ao uso deste software e a sua confiabilidade. A análise de volume condilar, também foi realizada com as imagens de T1 e T2 tanto dos pacientes cirúrgicos quanto dos não cirúrgicos.

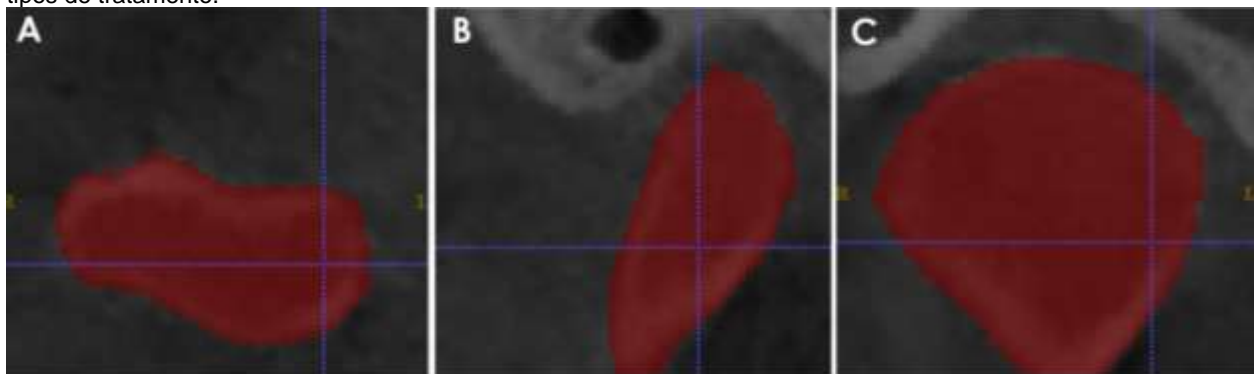
Para tal análise, foram utilizados os recortes da área de interesse utilizados na avaliação do formato condilar (Figura 19). No ITK-Snap, foi realizada a segmentação das superfícies condilares (Figura 20) e o valor volumétrico de cada cômulo foi fornecida pelo próprio programa (Figura 21).

Figura 19: Volumes recortados na área de interesse.



A – Axial B - Sagital C – Coronal.

Figura 20: Segmentação das imagens do cômulo para a mensuração do volume condilar antes e após os diferentes tipos de tratamento.



A – Axial B - Sagital C – Coronal.

Figura 21: Mensuração do volume condilar fornecido pelo ITK-Snap.

Label Name	Voxel Count	Volume (mm3)	Intensity Mean ± SD (T1RightCondyle_Cropped)
0 Clear Label	271630	1.041e+04	330.5008 ± 326.8216
1 Label 1	74690	2862	588.6813 ± 276.8340

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as etapas até a obtenção das medidas foram realizadas por um estudante de pós-graduação em Radiologia Odontológica com experiência em manusear os softwares utilizados e com uso de TCFC.

Para avaliação da reprodutividade de todas as etapas realizadas, o avaliador refez todo o processo em 20% da amostra 15 dias após a primeira avaliação. O Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) foi aplicado para avaliação da variabilidade das medidas obtidas.

O teste Kruskal Wallis foi utilizado para comparar as modificações corridas em cada classe esquelética (Classe I, Classe II e Classe III) tanto na posição e formato condilar quanto no formato da fossa articular. O teste Dunn foi o escolhido para comparações múltiplas.

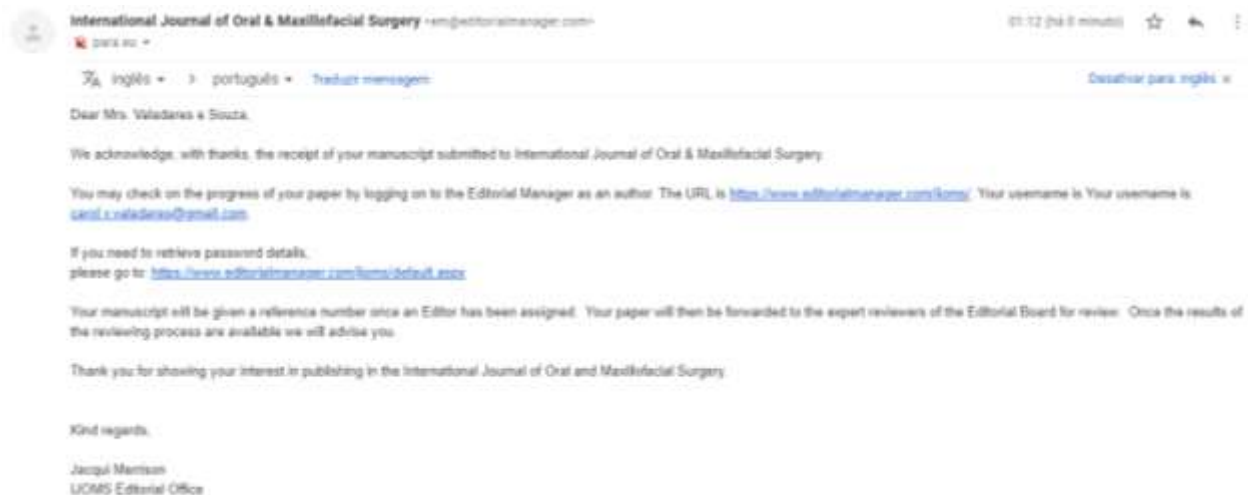
O teste de Mann-Whitney foi usado para comparar os grupos cirúrgicos e não cirúrgicos quanto as modificações sofridas pelo côndilo na sua forma, posição e volume, e as modificações ocorridas na forma da fossa articular.

Para comparação do volume condilar dos pacientes antes e depois do tratamento cirúrgico e ortodôntico, o teste Wilcoxon foi realizado.

Em todos os testes realizados o nível de significância utilizado foi de 0,05 e para a realização dos cálculos estatísticos.

ANEXOS:

ANEXO 1 – Comprovante de submissão do artigo ao periódico



ANEXO 2 – Comitê de Ética em Pesquisa (Loma Linda University).



INSTITUTIONAL REVIEW BOARD
RESEARCH PROTECTION PROGRAMS
24887 Taylor Street • Suite 202 • Loma Linda, CA 92350
(909) 558-4531 (voice) • (909) 558-0131 (fax)

Exempt Notice

IRB# 5170209

To: **Viecilli, Rodrigo F**
Department: **Orthodontics**
Protocol: **Three-dimensional evaluation of condyle and glenoid fossa shape and relative position pre and post orthognathic surgery**

Your application for the research protocol indicated above was reviewed administratively on behalf of the IRB. This protocol is determined to be exempt from IRB approval as outlined in federal regulations for protection of human subjects, 45 CFR Part 46.101(b)(4).

Stipulations of approval:

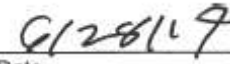
HIPAA authorization waived per 45 CFR 164.512 (i)(2)(ii).

Please note the PI's name and the IRB number assigned to this IRB protocol (as indicated above) on any future communications with the IRB. Direct all communications to the IRB c/o Research Protection Programs.

Although this protocol is exempt from further IRB review as submitted, it is understood that all research conducted under the auspices of Loma Linda University will be guided by the highest standards of ethical conduct.



IRB Chair/Designee



Date

Loma Linda University Health holds Federalwide Assurance (FWA) No. 00006447 with the U.S. Office for Human Research Protections and the IRB registration no. is IRG0000226. This Assurance applies to the following: Loma Linda University, Loma Linda University Medical Center (including Loma Linda University Children's Hospital, LLUMC East Campus Hospital), Loma Linda University Behavioral Medicine, and affiliated medical practices groups.

IRB Chair:
Travis Loasy, MD
Department of Neurology
(909) 558-4531 • tloasy@llu.edu • Pager #4290 for emergencies

IRB Administrator:
Linda G. Holstead, MA, Director
Research Protection Programs
Ext 43570 • Fax 80131 • lholstead@llu.edu

IRB Analyst:
Anuradha Diekmann, MPH, CCRP, CIP
Research Protection Programs
Ext 86215 • Fax 80131 • adiekmann@llu.edu

ANEXO 3 – Verificação de Originalidade e Prevenção de Plágio

Carolina Valadares

RELATÓRIO DE ORIGINALIDADE

11 %	9 %	6 %	%
ÍNDICE DE SEMELHANÇA	FONTES DA INTERNET	PUBLICAÇÕES	DOCUMENTOS DOS ALUNOS

FONTES PRIMÁRIAS

1	repositorio.unicamp.br Fonte da Internet	5 %
2	Glenn E. Lello. "Skeletal open bite correction by combined Le Fort I osteotomy and bilateral sagittal split of the mandibular ramus", Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 1987 Publicação	<1 %
3	Kwon, So Ran, Steven R. Kurti, Udochukwu Oyoyo, and Yiming Li. "Effect of Light-Activated Tooth Whitening on Color Change Relative to Color of Artificially Stained Teeth : Effect of Light-Activated Tooth Whitening on Color Change", Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 2015. Publicação	<1 %
4	www.teses.usp.br Fonte da Internet	<1 %
5	Rivera-Pomar, Rolando, Michael Hoch, Frank Sauer, Günter Brönner, Ernst A. Wimmer, Anna	<1 %

ANEXO 4 - Tabelas completas

Table 1. Median (min – max) of the Position changes of the right condyle as a function of the surgery and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
XRightPoint1	.015 (-.045 – .161)	.003 (-.731 – .604)	.006 (-.146 – .105)
YRightPoint1	-.041 (-.252 – .105)	.039 (-.567 – 1.07)	.054 (-.115 – .343)*
ZRightPoint1	.006 (-.012 – .056)	-.002 (-.515 – .104)	.014 (-.093 – .185)
MeanRightPoint1	-.351(-.732 – -.214)	-.466 (-1.48 – 1.02)	-.360 (-.924 – .052)*
XRightPoint2	.008 (-.560 – .104)	-.122 (-1.59 – .459)	-.373 (-1.93 – .209)
YRightPoint2	.066 (-.124 – .133)	-.091 (-1.31 – .354)	-.099 (-.669 – .209)
ZRightPoint2	.025(-.188 – .049)	-.079 (-.416 – .183)	-.128 (-1.14 – .081)
MeanRightPoint2	-.171 (-.461 – .680)	.148 (-.773 – 1.81)	.642 (-.610 – 2.41)
XRightPoint3	.279 (.230 – 1.36) ^{b*}	.107 (-.209 – 2.31) ^a	.054 (-.168 – .616) ^a
YRightPoint3	.268 (.187 – 1.08) ^{b*}	.029 (-.665 – 1.28) ^a	.044 (-.175 – .382) ^a
ZRightPoint3	-.021 (-.608 – .165)	.049 (-.169 – .135)	.013 (-.073 – .250)*
MeanRightPoint3	.442 (.393 – 1.62)*	.242 (-.341 – 2.72)	.101 (-.575 – .698)*
XRightPoint4	-.027 (-.155 – .152)	-.031 (-.392 – .143)	-.003 (-.421 – .118)
YRightPoint4	.087 (-.077 – 1.32)	.076 (-.474 – 1.34)	.000 (-.277 – .240)
ZRightPoint4	-.189 (-2.35 – -.061) ^a	-.419 (-1.36 – -.020) ^a	-.016 (-.762 – .316) ^{b*}
MeanRightPoint4	.276 (-.003 – 2.97) ^{ab}	.485 (.040 – 2.06) ^b	-.108 (-.463 – .906) ^{a*}
XRightPoint5	-.042 (-1.02 – .133)	-.263 (-.827 – .501)	-.041 (-1.01 – .061)*
YRightPoint5	.568 (.089 – 1.78)*	.629 (-.242 – 1.28)	.255 (-.095 – 1.43)*
ZRightPoint5	.033 (-.595 – .157) ^a	-.007 (-.233 – .208) ^a	.033 (-.052 – .450) ^{b*}
MeanRightPoint5	.679 (.099 – 2.25)*	.773 (-.754 – 1.52)	.238 (-.454 – 1.87)*

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions (p>0.05)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 2. Median (min – max) of the Position changes of the left condyle as a function of the surgery and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
XLeftPoint1	.006 (-.042 – .057)	.000 (-.378 – 1.15)	-.005 (-.180 – .241)*
YLeftPoint1	-.012 (-.074 – .172)	.001 (-.640 – 1.56)	-.016 (-.408 – .338)*
ZLeftPoint1	-.008 (-.197 – .014)	.005 (-.573 – .106)	-.011 (-.171 – .138)
MeanLeftPoint1	-.255 (-.470 – -.065)*	-.159 (-2.11 – .777)	.031 (-.541 – .622)
XLeftPoint2	.254 (.091 – 1.13)	.053 (-.331 – 1.15)	.262 (-.182 – .807)
YLeftPoint2	-.147 (-.361 – -.023) ^a	-.021 (-.427 – 1.56) ^a	-.124 (-2.18 – .096) ^b
ZLeftPoint2	-.173 (-.736 – -.056) ^a	-.007 (-.394 – .148) ^b	-.016 (-.549 – .205) ^b
MeanLeftPoint2	.490 (.265 – 1.41)	.017 (-2.11 – 1.19)	.378 (-.193 – 2.55)
XLeftPoint3	-.314 (-.444 – .159)	-.341 (-1.87 – .488)*	-.209 (-.831 – .081)
YLeftPoint3	.398 (.033 – .553)	.124 (-.350 – .600)	.036 (-.236 – .843)
ZLeftPoint3	.059 (-.506 – .171)	.008 (-.639 – .178)	-.003 (-.163 – .341)
MeanLeftPoint3	.535 (-.304 – .861)	.549 (.056 – 1.99)*	.291 (-.189 – 1.03)
XLeftPoint4	.077 (.001 – .079)	.052 (-.076 – .403)	-.008 (-.086 – .127)
YLeftPoint4	.028 (-.186 – 1.39)	.010 (-.344 – .886)	.012 (-.386 – .155)
ZLeftPoint4	-.385 (-2.63 – -.040) ^a	-.362 (-1.30 – .042) ^a	-.065 (-.494 – .258) ^b
MeanLeftPoint4	.629 (.075 – 3.13) ^a	.500 (-.186 – 1.72) ^a	.078 (-.492 – .690) ^b
XLeftPoint5	.110 (-.030 – .832)	.062 (-.280 – .678)	.011 (-.091 – .381)
YLeftPoint5	.186 (-.460 – 1.96)	.275 (-.232 – 2.12)	.022 (-.209 – .741)
ZLeftPoint5	-.058 (-.289 – .037)	-.005 (-.346 – .131)	.029 (-.035 – .262)*
MeanLeftPoint5	.200 (-.535 – 2.23)	.437 (-.347 – 2.24)	.015 (-.505 – .854)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions (p>0.05)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 3: Median (min and max) of the shape changes of the right condyle as a function of the surgery and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
XRightPoint1	-.011 (-.065 – .115)	.026 (-.174 – .448)	-.001 (-.107 – .194)
YRightPoint1	-.007 (-.153 – .218)	-.041 (-.637 – .370)	-.049 (-.463 – .416)
ZRightPoint1	.013 (-.116 – .195)	-.002 (-.271 – .101)	.010 (-.172 – .122)
MeanRightPoint1	.013 (-.740 – .233)	.050 (-.509 – .823)	.051 (-.466 – .529)
XRightPoint2	-.040 (-.353 – .269)	.030 (-.273 – .230)	-.153 (-.747 – .194)
YRightPoint2	.021 (-.025 – .050)	.019 (-.235 – .103)	-.024 (-.394 – .048)
ZRightPoint2	-.023 (-.120 – .485)	.004 (-.080 – .138)	-.012 (-.447 – .158)
MeanRightPoint2	-.070 (-.736 – .595)	-.014 (-.524 – .330)	.267 (-.369 – 1.00)
XRightPoint3	.572 (.161 – 1.84)*	.237 (-.114 – .563)	.338 (-.187 – 1.23)
YRightPoint3	.054 (-.079 – .187)*	-.025 (-.319 – .147)	-.005 (-.517 – .644)
ZRightPoint3	.102 (.059 – .395) ^{b*}	.033 (-.189 – .177) ^{ab}	-.008 (-.301 – .154) ^{a*}
MeanRightPoint3	.750 (.203 – 1.94)*	.338 (-.332 – .671)	.383 (-.396 – 1.50)
XRightPoint4	-.024 (-.051 – .051)	.014 (-0.79 – .209)	.044 (-.141 – .327)
YRightPoint4	-.046 (-.062 – -.006)	-.007 (-.288 – .242)	-.015 (-.353 – .374)
ZRightPoint4	.087 (-.245 – .332)	-.103 (-.587 – .705)	-.447 (-.1.23 – .127)
MeanRightPoint4	-.317 (-.603 – 284) ^{a*}	.147 (-.1.44 – .709) ^{ab}	.549 (-.442 – 1.37) ^b
XRightPoint5	-.020 (-.075 – .034)	.003 (-.078 – .088)	-.008 (-.148 – .045)
YRightPoint5	.147 (-.192 – .578)	-.088 (-.266 – .288)	-.041 (-.147 – .457)
ZRightPoint5	.025 (-.034 – .251)	-.015 (-.138 – .112)	-.005 (-.052 – .158)
MeanRightPoint5	-.174 (-.380 – .697)	-.066 (-.530 – .343)	-.108 (-.349 – .533)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions (p>0.05)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 4: Median (min and max) of the shape changes of the left condyle as a function of the surgery and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
XLeftPoint1	-.018 (-.067 – .115)	.023 (-.184 – .086)	.010 (-.098 – .134)
YLeftPoint1	-.106 (-.299 – .311)*	.040 (-.397 – .131)	.070 (-.464 – .312)
ZLeftPoint1	-.023 (-.089 – .096)	.007 (-.075 – .074)	.013 (-.145 – .086)
MeanLeftPoint1	.001 (-.497 – .352)	-.140 (-.507 – .467)	-.072 (-.573 – .418)
XLeftPoint2	-.009 (-.250 – .373)	.083 (-.284 – 5.74)	.216 (-.244 – .589)
YLeftPoint2	.086 (-.049 – .224)	.004 (-.328 – .223)	-.017 (-.509 – .074)
ZLeftPoint2	.036 (-.010 – .184)*	-.025 (-.319 – .133)	-.013 (-.144 – .137)
MeanLeftPoint2	-.066 (-.363 – .426)	.103 (-.517 – .705)	.280 (-.322 – .869)
XLeftPoint3	-.490 (-.1.12 – .169)	-.063 (-.584 – .291)	-.349 (-1.21 – .289)*
YLeftPoint3	.010 (-.474 – .072)	-.006 (-.352 – .252)	-.043 (-.456 – .202)
ZLeftPoint3	-.015 (-.422 – .186)	-.015 (-.197 – .077)*	-.045 (-.267 – .032)
MeanLeftPoint3	.792 (-.268 – 1.31)	-.063 (-.871 – .832)	.407 (-.450 – 1.26)*
XLeftPoint4	-.009 (-.050 – .118)	.008 (-.313 – .334)	.002 (-.128 – .297)
YLeftPoint4	-.050 (-.057 – .044)*	-.059 (-.593 – .192)*	-.015 (-.649 – .195)
ZLeftPoint4	.029 (-.327 – .137)	.111 (-.813 – .226)	-.184 (-.794 – .413)
MeanLeftPoint4	-.046 (-.541 – .340)	-.135 (-.497 – 1.16)	.262 (-.527 – 1.06)
XLeftPoint5	.096 (-.041 – .249)	-.011 (-.061 – .057)*	.002 (-.071 – .126)
YLeftPoint5	-.128 (-.215 – 1.43)	-.025 (-.228 – .333)*	-.084 (-.257 – .605)
ZLeftPoint5	-.054 (-.183 – .353)	-.007 (-.039 – .063)	-.012 (-.080 – .105)
MeanLeftPoint5	-.265 (-.364 – 1.66)	-.067 (-.413 – .384)*	-.142 (-.490 – .719)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions (p>0.05)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 5: Median (min and max) of the Shape changes of the right fossa as a function of the surgery and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
XRightPoint1	.001 (-.051 – .010)	-.023 (-.129 – .058)	-.011 (-.144 – .042)
YRightPoint1	.001 (-.012 – .123)	.035 (-.039 – .253)	.012 (-.183 – .049)
ZRightPoint1	-.108 (-.160 – .075)	-.096 (-.318 – .266)	.199 (-.131 – .892)
MeanRightPoint1	-.201 (-.253 – -.021)	.005 (-.628 – .300)	.078 (-.434 – 1.02)
XRightPoint2	-.046 (-.404 – .446)	-.042 (-.488 – .129)*	-.146 (.625 – .164)
YRightPoint2	.110 (-.015 – .262)*	.016 (-.411 – .361)	.054 (-.229 – .430)
ZRightPoint2	.094 (-.212 – .201)	.017 (-.183 – .418)	.146 (-.172 – .285)
MeanRightPoint2	.184 (-.591 – .564)	.059 (-1.24 – .725)	.357 (-.361 – .819)
XRightPoint3	-.057 (-.105 – .006)*	-.023 (-.422 – .203)	-.059 (-.370 – .062)
YRightPoint3	.225 (.061 – .367)*	.088 (-.300 – .686)	.228 (-.235 – .867)
ZRightPoint3	.140 (.063 – .369)*	.059 (-.355 – .595)	.334 (-.836 – .876)
MeanRightPoint3	.340 (.123 – .621)*	.155 (-.603 – .964)	.466 (-1.24 – 1.37)
XRightPoint4	.009 (-.028 – .197)	-.004 (-.057 – 0.72)	.010 (-.248 – .063)
YRightPoint4	.267 (-.246 – .394)	.111 (-.644 – .667)	.132 (-.537 – .618)
ZRightPoint4	-.014 (-.114 – .046)	-.021(-.141 – .179)	-.017 (-.213 – .083)
MeanRightPoint4	-.426 (-.703 – .296)	-.097 (-.935 – .754)	-.159 (-.781 – .592)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions (p>0.05)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 6: Median (min and max) of the Shape changes of the left fossa as a function of the surgery and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=05)	Class II (n=12)	Class III (n=14)
XLeftPoint1	.021 (-.006 – .176)	.008 (-.064 – .112)	-.008 (-.089 – .063)
YLeftPoint1	.006 (-.057 – .026)	.028 (-.080 – .077)	-.001 (-.154 – .115)
ZLeftPoint1	-.030 (-.472 – .027)	-.060 (-.192 – .371)	.104 (-.466 – .380)
MeanLeftPoint1	-.166 (-.580 – .025)*	-.110 (-.317 – .414)	.089 (-.533 – .433)
XLeftPoint2	.112 (.019 – .243)	-.024 (-4.82 – .701)*	-.037 (-.513 – .292)
YLeftPoint2	.008 (-.130 – .084)	.026 (-1.88 – .517)	.032 (-.195 – .089)
ZLeftPoint2	.047 (.003 – .145)	.002 (-.180 – 1.31)	.023 (-.373 – .336)
MeanLeftPoint2	.241 (.029 – .323)	-.096 (-.365 – 5.37)	.013 (-.801 – .584)
XLeftPoint3	.021 (-.059 – .036)	.022 (-.164 – .097)	.001 (-.107 – .072)
YLeftPoint3	-.058 (-.137 – .159)	.054 (-.406 – .429)	.015 (-.334 – .268)
ZLeftPoint3	-.048 (-.217 – .024)	.075 (-.432 – .422)	-.002 (-.687 – .626)
MeanLeftPoint3	-.161 (-.522 – .160)	.145 (-.716 – .624)	-.112 (-.889 – .792)
XLeftPoint4	.014 (-.002 – .040)	-.007 (-.045 – .294)	-.002 (-.088 – .121)
YLeftPoint4	.027 (-.125 – .049)	.122 (-.646 – .415)	.001 (-.707 – .626)
ZLeftPoint4	-.008 (-.120 – .025)	-.014 (-.211 – .167)	.021 (-.096 – .258)
MeanLeftPoint4	-.055 (-.092 – .155)	-.039 (-.620 – .767)	-.063 (-.696 – .813)

* Differs from the non-surgical group in the same class conditions (p>0.05)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 7. Median (min – max) of the Position changes of the right condyle as a function of the no surgical patients and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=11)	Class II (n=11)	Class III (n=08)
XRightPoint1	-0.01 (-0.21 – 0.66)	0.01 (-0.30 – 0.46)	0.06 (-0.15 – 0.20)
YRightPoint1	0.02 (-0.99 – 0.57)	0.00 (-0.42 – 0.44)	-0.14 (-0.45 – 0.17)
ZRightPoint1	-0.06 (-0.62 – 0.05)	0.00 (-0.05 – 0.06)	0.00 (-0.08 – 0.06)
MeanRightPoint1	-0.11 (-0.72 – 1.38)	-0.10 (-1.01 – 0.77)	0.00 (-0.38 – 0.53)
XRightPoint2	-0.26 (-1.5 – 0.21)	-0.10 (-0.79 – 0.35)	-0.53 (-0.96 – -0.09)
YRightPoint2	-0.15 (-1.51 – 0.24)	-0.04 (-0.40 – 0.11)	-0.30 (-0.69 – -0.11)
ZRightPoint2	0.02 (-0.20 – 0.23)	0.00 (-0.17 – 0.11)	-0.14 (-0.44 – 0.21)
MeanRightPoint2	0.33 (-0.37 – 2.16)	0.07 (-0.49 – 0.86)	0.64 (-0.32 – 1.30)
XRightPoint3	0.15 (-0.14 – 0.56)	0.34 (-0.08 – 1.61)	0.04 (-0.15 – 0.28)
YRightPoint3	0.02 (-0.48 – 0.44)	0.46 (-0.15 – 4.13)	0.01 (-0.07 – 0.08)
ZRightPoint3	-0.01 (-0.17 – 0.11)	-0.12 (-1.70 – 0.18)	-0.02 (-0.09 – 0.02)
MeanRightPoint3	0.13 (-0.38 – 0.80)	0.68 (-0.51 – 4.80)	-0.14 (-0.42 – 0.31)
XRightPoint4	-0.03 (-0.30 – 0.13)	-0.06 (-0.30 – 0.05)	-0.05 (-0.18 – 0.05)
YRightPoint4	-0.04 (-0.31 – 0.43)	0.24 (-0.07 – 1.81)	0.03 (-0.12 – 0.30)
ZRightPoint4	-0.25 (-0.79 – 0.07)	-0.51 (-2.87 – 0.14)	-0.33 (-0.79 – 0.12)
MeanRightPoint4	0.32 (-0.45 – 0.91)	0.57 (-0.28 – 3.48)	0.38 (-0.26 – 1.01)
XRightPoint5	-0.09 (-0.53 – 0.05)	-0.21 (-1.07 – 0.07)	-0.04 (-0.39 – 0.07)
YRightPoint5	0.21 (-0.12 – 0.87)	0.40 (-0.10 – 1.72)	0.09 (-0.19 – 0.81)
ZRightPoint5	-0.01 (-0.14 – 0.13)	-0.05 (-0.48 – 0.10)	-0.02 (-0.05 – 0.04)
MeanRightPoint5	0.22 (-0.18 – 1.19)	0.42 (-0.38 – 2.15)	0.01 (-0.36 – 1.01)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 8. Median (min – max) of the Position changes of the left condyle as a function of the no surgical patients and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=11)	Class II (n=11)	Class III (n=08)
XRightPoint1	-0.07 (-0.74 – 0.13)	0.02 (-0.41 – 0.19)	-0.01 (-0.29 – 0.12)
YRightPoint1	-0.12 (-1.09 – 0.41)	-0.04 (-0.94 – 0.78)	-0.04 (-0.51 – 0.15)
ZRightPoint1	-0.03 (-0.34 – 0.13)	-0.01 (-0.22 – 0.15)	0.03 (-0.01 – 0.07)
MeanRightPoint1	0.11 (-0.54 – 1.49)	-0.08 (-1.28 – 0.99)	-0.07 (-0.53 – 0.63)
XRightPoint2	0.27 (-0.08 – 0.83)	0.21 (-0.41 – 0.96)	0.02 (-0.29 – 0.53)
YRightPoint2	-0.19 (-0.82 – 0.04)	-0.10 (-0.51 – 0.27)	0.03 (-0.13 – 0.22)
ZRightPoint2	-0.02 (-0.38 – 0.19)	-0.07 (-0.47 – 0.08)	0.00 (-0.10 – 0.06)
MeanRightPoint2	0.39 (-0.09 – 1.13)	0.26 (-0.68 – 1.26)	0.12 (-0.37 – 0.70)
XRightPoint3	-0.13 (-0.73 – 0.16)	-0.13 (-0.56 – 0.05)	-0.25 (-0.82 – 0.26)
YRightPoint3	-0.02 (-0.49 – 0.15)	0.28 (-0.02 – 2.61)	0.07 (-0.01 – 0.33)
ZRightPoint3	-0.04 (-0.22 – 0.15)	-0.15 (-1.84 – 0.14)	0.02 (-0.25 – 0.39)
MeanRightPoint3	0.13 (-0.34 – 0.92)	0.35 (-0.22 – 3.27)	0.32 (-0.42 – 0.96)
XRightPoint4	0.03 (-0.04 – 0.27)	0.17 (-0.05 – 1.59)	0.04 (-0.04 – 0.25)
YRightPoint4	-0.04 (-0.35 – 0.15)	0.16 (-0.27 – 1.50)	0.00 (-0.15 – 0.15)
ZRightPoint4	-0.25 (-1.20 – 0.17)	-0.51 (-2.46 – 0.14)	-0.07 (-0.40 – 0.51)
MeanRightPoint4	0.29 (-0.24 – 1.42)	0.64 (-0.37 – 3.41)	0.01 (-0.72 – 0.54)
XRightPoint5	0.07 (-0.03 – 0.29)	0.27 (-0.08 – 1.54)	0.05 (-0.06 – 0.32)
YRightPoint5	0.11 (-0.13 – 0.63)	0.42 (-0.25 – 1.92)	0.14 (-0.11 – 0.81)
ZRightPoint5	0.03 (-0.03 – 0.22)	0.03 (-0.11 – 0.20)	-0.02 (-0.16 – 0.03)
MeanRightPoint5	-0.01 (-0.64 – 0.76)	0.53 (-0.53 – 2.53)	0.16 (-0.24 – 0.93)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups (p>0.05) by Kruskal-Wallis

Table 9. Median (min – max) of the shape changes of the right condyle as a function of the no surgical patients and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=11)	Class II (n=11)	Class III (n=08)
XRightPoint1	0.04 (-0.04 – 0.26)	-0.02 (-0.19 – 0.15)	-0.01 (-0.13 – 0.09)
YRightPoint1	-0.08 (-0.54 – 0.17)	0.02 (-0.36 – 0.51)	-0.07 (-0.50 – 0.19)
ZRightPoint1	0.00 (-0.03 – 0.07)	-0.02 (-0.13 – 0.13)	-0.01 (-0.11 – 0.06)
MeanRightPoint1	0.10 (-0.20 – 0.68)	-0.11 (-0.70 – 0.43)	0.07 (-0.27 – 0.57)
XRightPoint2	-0.04 (-0.47 – 0.37)	0.09 (-0.14 – 0.37)	-0.28 (-0.95 – 0.12)
YRightPoint2	-0.03 (-0.26 – 0.06)	0.04 (-0.16 – 0.20)	-0.12 (-0.45 – 0.07)
ZRightPoint2	-0.02 (-0.19 – 0.06)	0.01 (-0.25 – 0.12)	-0.08 (-0.39 – 0.02)
MeanRightPoint2	0.04 (-0.46 – 0.60)	-0.20 (-0.65 – 0.28)	0.34 (-0.26 – 1.20)
XRightPoint3	0.15 (-0.11 – 0.61)	0.18 (-0.19 – 0.49)	0.06 (-0.23 – 0.18)
YRightPoint3	0.01 (-0.04 – 0.10)	0.04 (-0.11 – 0.33)	-0.03 (-0.17 – 0.09)
ZRightPoint3	0.00 (-0.07 – 0.10)	0.01 (-0.11 – 0.11)	0.04 (-0.03 – 0.12)
MeanRightPoint3	0.17 (-0.23 – 0.69)	0.19 (-0.42 – 0.60)	0.07 (-0.35 – 0.27)
XRightPoint4	-0.03 (-0.14 – 0.04)	0.05 (-0.07 – 0.37)	-0.01 (-0.06 – 0.03)
YRightPoint4	-0.04 (-0.18 – 0.07)	0.06 (-0.08 – 0.42)	0.02 (-0.22 – 0.17)
ZRightPoint4	-0.13 (-0.69 – 0.40)	-0.09 (-1.10 – 0.34)	-0.23 (-1.38 – 0.38)
MeanRightPoint4	0.15 (-0.51 – 0.78)	0.10 (-0.42 – 1.39)	0.20 (-0.48 – 1.52)
XRightPoint5	0.01 (-0.05 – 0.05)	-0.01 (-0.09 – 0.04)	0.00 (-0.12 – 0.08)
YRightPoint5	-0.02 (-0.15 – 0.22)	0.00 (-0.22 – 0.18)	0.00 (-0.16 – 0.23)
ZRightPoint5	0.00 (-0.05 – 0.04)	0.00 (-0.05 – 0.06)	-0.01 (-0.05 – 0.04)
MeanRightPoint5	-0.05 (-0.34 – 0.26)	-0.04 (-0.35 – 0.22)	-0.10 (-0.46 – 0.34)

**Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups ($p>0.05$) by Kruskal-Wallis

Table 10. Median (min – max) of the shape changes of the left condyle as a function of the no surgical patients and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=11)	Class II (n=11)	Class III (n=08)
XRightPoint1	0.06 (-0.01 – 0.18)	0.04 (-0.06 – 0.12)	0.00 (-0.12 – 0.10)
YRightPoint1	0.12 (-0.11 – 0.31)	0.08 (-0.35 – 0.24)	-0.11 (-0.42 – 0.14)
ZRightPoint1	-0.01 (-0.05 – 0.05)	0.01 (-0.18 – 0.08)	-0.01 (-0.08 – 0.07)
MeanRightPoint1	-0.18 (-0.51 – 0.09)	-0.21 (-0.42 – 0.39)	0.06 (-0.50 – 0.51)
XRightPoint2	0.03 (-0.41 – 0.63)	0.03 (-0.32 – 0.33)	0.17 (-0.07 – 0.44)
YRightPoint2	0.03 (-0.07 – 0.23)	-0.02 (-0.19 – 0.06)	-0.07 (-0.39 – 0.01)
ZRightPoint2	-0.04 (-0.21 – 0.04)	-0.02 (-0.18 – 0.090)	-0.05 (-0.18 – 0.01)
MeanRightPoint2	0.01 (-0.65 – 0.77)	0.02 (-0.39 – 0.37)	0.24 (-0.08 – 0.64)
XRightPoint3	-0.14 (-0.46 – 0.16)	-0.12 (-0.35 – 0.10)	0.01 (-0.15 – 0.29)
YRightPoint3	0.02 (-0.04 – 0.09)	0.01 (-0.09 – 0.14)	0.01 (-0.04 – 0.11)
ZRightPoint3	0.01 (-0.11 – 0.21)	0.05 (-0.11 – 0.24)	-0.02 (-0.09 – 0.13)
MeanRightPoint3	0.16 (-0.22 – 0.55)	0.14 (-0.26 – 0.49)	-0.04 (-0.41 – 0.25)
XRightPoint4	-0.01 (-0.17 – 0.04)	0.01 (-0.09 – 0.07)	-0.01 (-0.17 – 0.12)
YRightPoint4	0.04 (-0.08 – 0.12)	0.02 (-0.08 – 0.09)	-0.05 (-0.24 – 0.09)
ZRightPoint4	-0.16 (-0.90 – 0.48)	-0.10 (-0.58 – 0.22)	-0.18 (-1.39 – 0.54)
MeanRightPoint4	0.17 (-0.57 – 0.99)	0.09 (-0.35 – 0.73)	0.09 (-0.70 – 1.57)
XRightPoint5	0.02 (-0.07 – 0.09)	0.06 (-0.03 – 0.20)	0.01 (-0.02 – 0.08)
YRightPoint5	0.10 (-0.11 – 0.50)	0.15 (-0.19 – 0.48)	0.01 (-0.12 – 0.27)
ZRightPoint5	0.00 (-0.09 – 0.18)	0.00 (-0.12 – 0.08)	0.00 (-0.08 – 0.03)
MeanRightPoint5	0.10 (-0.29 – 0.61)	0.13 (-0.28 – 0.54)	-0.11 (-0.65 – 0.31)

*Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups ($p > 0.05$) by Kruskal-Wallis

Table 11. Median (min and max) of the Shape changes of the right fossa as a function of the no surgical patients and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=11)	Class II (n=11)	Class III (n=08)
XRightPoint1	0.00 (-0.05 – 0.06)	0.04 (-0.03 – 0.26)	-0.03 (-0.16 – 0.03)
YRightPoint1	0.01 (-0.04 – 0.04)	0.02 (-0.05 – 0.24)	-0.03 (-0.11 – 0.07)
ZRightPoint1	-0.03 (-0.29 – 0.58)	0.03 (-0.17 – 0.24)	-0.06 (-0.33 – 0.14)
MeanRightPoint1	-0.10 (-0.42 – 0.67)	-0.06 (-0.38 – 0.23)	-0.27 (-0.85 – 0.02)
XRightPoint2	-0.03 (-0.44 – 0.16)	-0.03 (-0.57 – 0.12)	-0.03 (-0.26 – 0.22)
YRightPoint2	-0.07 (-0.25 – 0.14)	0.01 (-0.13 – 0.24)	-0.04 (-0.11 – 0.02)
ZRightPoint2	-0.01 (-0.09 – 0.15)	-0.01 (-0.21 – 0.15)	0.01 (-0.18 – 0.22)
MeanRightPoint2	-0.02 (-0.43 – 0.48)	0.03 (-0.33 – 0.72)	0.00 (-0.51 – 0.43)
XRightPoint3	0.02 (-0.09 – 0.14)	0.02 (-0.12 – 0.11)	-0.03 (-0.1 – 0.02)
YRightPoint3	-0.04 (-0.37 – 0.22)	-0.01 (-0.21 – 0.24)	-0.06 (-0.47 – 0.31)
ZRightPoint3	-0.03 (-0.30 – 0.29)	-0.04 (-0.18 – 0.17)	-0.14 (-0.65 – 0.24)
MeanRightPoint3	0.12 (-0.31 – 0.93)	-0.10 (-0.32 – 0.26)	-0.26 (-1.23 – 0.48)
XRightPoint4	-0.03 (-0.19 – 0.07)	-0.02 (-0.14 – 0.07)	-0.03 (-0.14 – 0.07)
YRightPoint4	-0.12 (-0.87 – 0.36)	-0.04 (-0.34 – 0.24)	0.05 (-0.44 – 0.52)
ZRightPoint4	0.00 (-0.07 – 0.06)	0.02 (-0.04 – 0.09)	0.00 (-0.18 – 0.19)
MeanRightPoint4	0.13 (-0.42 – 0.95)	0.10 (-0.28 – 0.39)	-0.14 (-0.86 – 0.55)

*Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups ($p > 0.05$) by Kruskal-Wallis

Table 12. Median (min and max) of the Shape changes of the left fossa as a function of the no surgical patients and the skeletal class

	Median (min – max)		
	Class I (n=11)	Class II (n=11)	Class III (n=08)
XLeftPoint1	0.01 (-0.03 – 0.12)	0.02 (-0.03 – 0.10)	0.01 (-0.04 – 0.08)
YLeftPoint1	-0.01 (-0.06 – 0.05)	0.00 (-0.06 – 0.10)	-0.02 (-0.21 – 0.05)
ZLeftPoint1	0.08 (-0.19 – 0.48)	0.11 (-0.09 – 0.38)	0.08 (-0.19 – 0.52)
MeanLeftPoint1	0.11 (-0.16 – 0.60)	0.14 (-0.14 – 0.49)	0.12 (-0.22 – 0.65)
XLeftPoint2	-0.04 (-0.26 – 0.30)	0.13 (-0.02 – 0.32)	-0.09 (-0.81 – 0.16)
YLeftPoint2	-0.12 (-0.34 – 0.01)	-0.03 (-0.35 – 0.20)	0.06 (-0.04 – 0.44)
ZLeftPoint2	0.00 (-0.14 – 0.17)	0.11 (-0.02 – 0.23)	0.03 (-0.03 – 0.14)
MeanLeftPoint2	-0.15 (-0.71 – 0.44)	0.26 (-0.03 – 0.53)	0.22 (-0.09 – 0.9)
XLeftPoint3	0.00 (-0.07 – 0.08)	0.07 (-0.09 – 0.24)	0.02 (-0.11 – 0.17)
YLeftPoint3	-0.08 (-0.37 – 0.16)	0.05 (-0.18 – 0.36)	0.09 (-0.16 – 0.49)
ZLeftPoint3	-0.03 (-0.34 – 0.28)	0.03 (-0.28 – 0.35)	0.11 (-0.19 – 0.45)
MeanLeftPoint3	-0.017 (-0.56 – 0.36)	0.06 (-0.47 – 0.62)	0.14 (-0.46 – 0.73)
XLeftPoint4	0.01 (-0.03 – 0.08)	0.05 (-0.08 – 0.25)	-0.03 (-0.22 – 0.12)
YLeftPoint4	-0.11 (-0.22 – 0.07)	-0.24 (-0.62 – 0.30)	0.13 (-0.33 – 0.59)
ZLeftPoint4	0.03 (-0.14 – 0.11)	0.06 (0.00 – 0.21)	0.00 (-0.1 – 0.1)
MeanLeftPoint4	0.18 (-0.08 – 0.37)	0.28 (-0.39 – 0.71)	-0.17 (-0.79 – 0.37)

*Different superscripts indicate statistically significant difference between the indicated groups ($p>0.05$) by Kruskal-Wallis