

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Odontologia
Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Tese

**Customização de placas em cirurgia ortognática minimamente invasiva:
uma série de casos**

Matheus Spinella de Almeida

Pelotas, 2024

Matheus Spinella de Almeida

**Customização de placas em cirurgia ortognática minimamente invasiva:
um estudo observacional**

Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para obter o título de Doutor em Odontologia, Área de concentração em Clínica Odontológica e ênfase em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofaciais.

Orientador: Prof. Dr. Otacílio Luiz Chagas Júnior

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

A445c Almeida, Matheus Spinella de

Customização de placas em cirurgia ortognática minimamente invasiva [recurso eletrônico] : um estudo observacional / Matheus Spinella de Almeida ; Otacílio Chagas Júnior, orientadora. — Pelotas, 2024.

50 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Cirurgia ortognática. 2. Cirurgia minimamente invasiva. 3. Placa sob medida. 4. Planejamento virtual. I. Chagas Júnior, Otacílio, orient. II. Título.

Black D7

Elaborada por Leda Cristina Peres Lopes CRB: 10/2064

Matheus Spinella de Almeida

Customização de placas em cirurgia ortognática minimamente invasiva: uma
série de casos

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em
Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de
Odontologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 28 de novembro de 2024

Banca examinadora:

Prof. Dr. Otacílio Luiz Chagas Junior (Orientador)
Doutor em Odontologia pela PUC-RS

Prof. Dr. Franciso Wilker Mustafa Gomes Muniz
Doutor em Odontologia pela UFRGS

Prof. Dr. Nicolas Homsí
Doutor em Odontologia pela UNESP

Prof. Dr. Ricardo José de Holanda Vasconcelos
Doutor em Odontologia pela UPE

Prof. Dr. Jonathas Daniel Paggi Claus (Suplente)
Doutor em Odontologia pela PUC-RS

Prof. Dr. Rafael Ratto de Moraes (Suplente)
Doutor em Odontologia pela UNICAMP

Dedicatória

**Dedico esse trabalho à minha família,
que sempre me apoiou e me deu suporte
principalmente nos momentos mais desafiadores
e em especial a minha esposa Gabriela que esteve
ao meu lado durante toda essa trajetória**

Agradecimento

Primeiramente a Deus, por ter me dado a dádiva da vida, sem ele jamais teria chegado aqui.

Agradeço imensamente a minha família, ao meu pai Edivil, exemplo de pessoa batalhadora e caráter maravilhoso, foi você que sempre me ensinou a respeitar todos, sempre ser honesto e ir em busca dos nossos sonhos, saiba pai, que você é meu herói. A minha mãe Vilma, mulher guerreira e trabalhadora, você mãe, que me amou mesmo antes de me ver, cuidou de mim antes de nascer, saiba que todo esse esforço me serviu de inspiração todos os dias para nunca desistir, para sempre batalhar e conquistar meus objetivos. Aos meus irmãos, Bruno e Lucas, que apesar de pequenas brigas, sempre nos entendemos, sempre conversamos, compartilhamos segredos e confissões e, é com todo orgulho que digo que vocês são meus melhores amigos e os melhores irmãos que eu podia ter. Tenham a certeza de que tudo que fiz e faço, penso em vocês, que são minha fortaleza, e que o amor que sinto por cada um é incondicional.

A minha fiel esposa Gabriela, sempre presente, nos momentos bons ou difíceis, sempre me apoiando e me dando força. Como já disse, não sei o que seria sem você, mas com certeza não seria melhor do que sou ao seu lado. Você fez um menino virar homem e, agradeço todo dia por ter escolhido compartilhar sua vida comigo. Sou muito feliz contigo e mais ainda quando estamos todos juntos, Eu, Você, Luísa e logo mais nossa pequena Alice. Tenham a certeza de que cada viagem e cada segundo de ausência física foi buscando o melhor para vocês. Amo muito NOSSA família

Ao meu orientador Otacílio, pelos ensinamentos, não somente no campo da cirurgia bucomaxilofacial, mas também no campo pessoal. Por ter aceitado o desafio de ser meu orientador e por me inspirar a sempre ser um profissional honesto e de bom caráter. Minha admiração por você é gigante.

Ao meu sócio, amigo e compadre Jonathas Claus, nenhuma palavra é capaz de expressar a gratidão que tenho por tudo que você fez e faz por mim no âmbito profissional e pessoal. É realmente um prazer dividir o Instituto Bucomaxilofacial e o centro cirúrgico contigo.

Ao Instituto Bucomaxilofacial, minha segunda casa que por muitas vezes se torna meu lar. Trabalhar nessa clínica e dividir conquistas, anseios e até

problemas com vocês é um sonho que vivo todos os dias. Deixo aqui um agradecimento especial para você Fernanda Mafra, que por várias vezes cuidou da minha agenda e até mesmo de parte da minha vida quando eu estava ausente.

Aos meus amigos próximos, deixo aqui meu agradecimento por entenderem minha ausência devido o trabalho maçante e muito obrigado por fazerem dos momentos em que estamos juntos serem tão leves e por várias vezes serem minha família.

À banca examinadora por aceitar o convite e contribuir com esse trabalho.

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta fizeram parte dessa conquista.

Notas Preliminares

A presente tese foi redigida segundo o Manual de normas UFPel para trabalhos acadêmicos da Universidade Federal de Pelotas de 2023, adotando o Nível de Descrição em Artigo, descrita no referido manual. <http://wp.ufpel.edu.br/sisbi/manual-de-normal-ufpel-para-trabalho-academicos-atualizada-2023> Acesso em: 31 de outubro de 2024.

O projeto de pesquisa foi qualificado em 24 de junho de 2021 e aprovado pela Banca Examinadora composto pelos professores doutores Otacílio Luiz Chagas Junior, Eduardo Hochulli e Liogi Iwaki Filho.

Resumo

ALMEIDA, Matheus Spinella de. Customização de placas em cirurgia ortognática minimamente invasiva: um estudo observacional. Orientador: Otacilio Luiz Chagas Junior. 2024. Tese (Doutorado em Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Pelotas, 2024

Introdução:A cirurgia ortognática geralmente está associada a uma alta morbidade, incluindo tempo cirúrgico prolongado, incisões extensas e desconforto para o paciente. Avanços recentes na cirurgia ortognática minimamente invasiva (MIOS), combinados com o planejamento virtual em 3D e miniplacas de titânio customizadas, buscam enfrentar esses desafios, reduzindo a invasividade e aprimorando a precisão cirúrgica.**Materiais e Métodos:**Este estudo observacional avaliou a eficácia e a precisão das miniplacas de titânio personalizadas em procedimentos de MIOS em pacientes submetidos à osteotomia Le Fort I. Utilizando apenas duas placas personalizadas em vez das quatro tradicionais, os procedimentos cirúrgicos visaram reduzir o tamanho das incisões, o tempo cirúrgico e o tempo de recuperação pós-operatória. O processo de planejamento virtual 3D foi empregado para osteotomias precisas e colocação das placas.**Resultados:**Os achados demonstraram alta precisão no reposicionamento maxilar com o uso de placas customizadas. A redução do tempo cirúrgico e do tamanho das incisões correlacionou-se com uma recuperação mais rápida dos pacientes e menor morbidade, mantendo estabilidade e funcionalidade comparáveis aos métodos tradicionais.**Conclusão:** As miniplacas personalizadas oferecem uma alternativa confiável aos métodos convencionais em MIOS, reduzindo a invasividade sem comprometer os resultados cirúrgicos. Esta técnica mostra um potencial promissor para a integração clínica de rotina, embora sejam recomendados mais estudos para confirmar esses achados em grupos de pacientes variados.

Palavras-Chave: Cirurgia ortognática; Procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos; Modelagem computacional específica para o paciente; Imageamento tridimensional.

Abstract

ALMEIDA, Matheus Spinella de. Customization of Plates in Minimally Invasive Orthognathic Surgery: An Observational Study. Advisor: Otacilio Luiz Chagas Junior. 2024. Thesis (Doctorate in Dentistry. Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas, 2024).

Introduction: Orthognathic surgery is commonly associated with high morbidity, including prolonged surgical time, extensive incisions, and patient discomfort. Recent advances in minimally invasive orthognathic surgery (MIOS), combined with 3D virtual planning and custom-made titanium miniplates, aim to address these challenges by reducing invasiveness and improving surgical precision.

Materials and Methods: This observational study evaluated the efficacy and accuracy of customized titanium miniplates in MIOS procedures for patients undergoing Le Fort I osteotomy. By using only two customized plates instead of the traditional four, the surgical procedures aimed to reduce incision size, surgical time, and post-operative recovery. The 3D virtual planning process was employed for precise osteotomies and plate positioning. **Results:** Findings demonstrated high accuracy in maxillary repositioning using customized plates. Reduced surgical time and incision size correlated with faster patient recovery and decreased morbidity, maintaining stability and functionality comparable to traditional methods. **Conclusion:** Customized miniplates offer a reliable alternative to conventional methods in MIOS, reducing invasiveness without compromising surgical outcomes. This technique shows promising potential for routine clinical integration, although further studies are recommended to confirm these findings across varied patient groups.

Key words: orthognathic surgery; minimally invasive surgical procedures; patient-specific modeling; three-dimensional imaging.

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Objetivos.....	13
2.1 Geral	13
2.2 Específicos.....	13
3. Metodologia	14
3.1 Descrição técnica	14
3.2 Amostras	16
3.3 Benefícios	16
3.4 Metodologia de análise de dados	17
3.5 Orçamento e financiamento	17
3.6 Referências.....	18
4. Artigo	20
5. Considerações finais.....	33
6. Material Suplementar.....	34
6.1 Anexo A.....	34
6.2 Imagens Sobreposição.....	35
6.3 Análise estatística.....	41
7. Referências.....	54

1 Introdução

Os pacientes portadores de deformidades dento-faciais na face comumente são tratados através da cirurgia ortognática. Trata-se de uma cirurgia funcional do aparelho mastigatório com repercussão na estética facial realizada em hospital, sob anestesia geral, que envolve a necessidade de movimentação e fixação dos maxilares em sua nova posição¹. Apesar dos benefícios do procedimento, a cirurgia ortognática até hoje carrega o estigma de ser um procedimento de alta morbidade associado a: prolongada internação hospitalar; necessidade de terapia intensiva; períodos de bloqueio maxilo-mandibular; déficits neurossensoriais e principalmente o edema. Tentando alterar essa visão, o conceito de cirurgia ortognática minimamente invasiva vem se destacando e se estabelecendo como uma filosofia que objetiva menor invasibilidade para o paciente. São acessos menores, osteotomias diferenciadas e otimização do material de fixação que proporcionam um procedimento com menor morbidade, com vantagens no curto, médio e longo prazo^{2,3}.

Outra grande evolução da cirurgia ortognática ocorreu após a introdução rotineira da tomografia computadorizada, não somente para o diagnóstico, mas em especial devido às possibilidades do planejamento virtual, confecção dos guias oclusais, intermediário e final, eliminando a necessidade de articulador semi-ajustável e cirurgia de modelos.^{4,5} Este processo tornou a etapa de planejamento mais rápida e precisa⁶.

A estabilização dos segmentos maxilares operados é feita com miniplacas e parafusos de titânio. Tradicionalmente, este material é fabricado pelas empresas em formatos e tamanhos pré-definidos e são adaptados no trans-operatório de acordo com a necessidade de cada paciente. Recentemente, a tecnologia 3D permitiu também a personalização do material de fixação, processo conhecido como "customização", onde as miniplacas e parafusos são desenhadas e impressas individualmente para cada paciente, utilizando o planejamento da cirurgia realizada com o auxílio de tomografias computadorizadas^{7,8}. Dentre as vantagens oferecidas pelas placas feitas sob medida para cada paciente, em cirurgia ortognática, destacam-se: a possibilidade de realização da cirurgia sem a necessidade de guia intermediária

ou final; o reposicionamento tridimensional da maxila sem a necessidade de uma referência vertical; a manutenção/posicionamento do segmento proximal da mandíbula conforme planejamento e; diminuição de tempo trans-operatório⁹.

Após a finalização da fase de planejamento, arquivos são gerados com o crânio operado simulado. Os arquivos são importados à softwares CAD (computer-aided design) para modelagem tridimensional dos guias e das placas. A posição dos parafusos de fixação é estabelecida por meio da observância das regiões de maior espessura óssea por meio de um mapa de cores^{10,11}.

Após a aprovação pelo cirurgião assistente dos desenhos dos modelos tridimensionais dos guias de corte/osteotomia e das placas, os mesmos podem seguir à fase de produção utilizando impressão 3D metálica (sinterização de metal à laser), permitindo a produção de estruturas complexas. O processo de impressão 3D metálica requer protocolos criteriosos de produção, visando desde monitoramento da matéria-prima, tratamento térmico, pós-processamento e verificações de controle de qualidade, como adaptação e estabilidade dimensional.

A precisão da adaptação das placas dependerá de vários fatores, principalmente: a qualidade da tomografia; o processo de segmentação dos tecidos ósseos e moles; a coincidência entre as osteotomias virtuais e as reais e; a qualidade do processo de impressão 3D^{12,13}.

Este processo de customização permite ganhar tempo durante a cirurgia, pois as placas já estão definidas e não há necessidade de dobras e/ou utilização de guias oclusais. Consequentemente, a necessidade de visão é também menor e, portanto, facilita a fixação em pequenos acessos usando o conceito de cirurgia minimamente invasiva¹⁴.

Sendo assim, é importante estudar tanto as repercussões estético-funcionais da cirurgia ortognática minimamente invasiva quanto a efetividade das placas customizadas, uma vez que ambos os tópicos carecem de evidências clínicas e geram desconfianças e controvérsias científicas.

2 Objetivos

2.1 Geral

Avaliar a acurácia das placas customizadas seguindo o conceito de cirurgia ortognática minimamente invasiva.

2.2 Específicos

- Avaliar a efetividade das placas customizadas na fixação das osteotomias tipo Le Fort I;
- Discutir os benefícios da cirurgia ortognática minimamente invasiva quando comparada as técnicas convencionais

3 Metodologia

Foi realizado um estudo de série de casos, seguindo as diretrizes do CARE Statement¹⁸, com 20 pacientes, desenvolvido no Hospital Baía Sul de Florianópolis. Esse estudo foi submetido ao comitê de ética do Hospital Baía Sul de Florianópolis através da Plataforma Brasil previamente ao seu desenvolvimento.

3.1 Descrição técnica

3.1.1 Planejamento virtual e guia intermediário

O primeiro passo foi a criação do paciente virtual com importação dos arquivos DICOM da TC. Para padronização do estudo todas as tomografias foram realizadas no aparelho Siemens Somaton (Siemens AG, Healthcare Sector, Erlangen, Germany) seguindo o protocolo de aquisição de imagem com corte de 0.5 mm de espessura.

Após a aquisição do exame foi realizado o ajuste da posição da cabeça, importação e posicionamento dos arquivos STL da oclusão e criação do crânio composto. Em seguida, o planejamento virtual foi realizado com a simulação das osteotomias e posterior movimentação dos maxilares conforme a indicação clínica do paciente e preferência do profissional, utilizando o Dolphin 14maging software (Version 11.9, Chatsworth, Calif, USA).

3.1.2 Confecção dos guias de corte e perfuração

A demarcação da posição exata das osteotomias no planejamento virtual é muito importante, pois necessariamente precisam coincidir com a posição das osteotomias a serem realizadas no paciente no centro cirúrgico. A adaptação futura dos guias de reposicionamento e das miniplacas personalizadas depende muito da coincidência de posição das osteotomias e perfurações entre o ambiente virtual e o paciente real. Por esta razão que a preferência foi pela

confeção de guias ocluso-suportados, permitindo melhor estabilidade posicional e maior precisão, em função da qualidade do escaneamento. Diferentemente dos sistemas de customização comercialmente disponíveis, que utilizam grandes incisões, a intenção destes guias foi a execução dos procedimentos através de pequenos acessos, com o conceito de cirurgia minimamente invasiva. Por esta razão, os guias de corte e perfuração demarcam apenas a região de principal interesse, onde foram colocadas as miniplacas, sem necessidade para contemplar toda osteotomia. Pequenas variações na porção final das osteotomias não influenciaram a posição e adaptação das placas.

3.1.3 Desenho e fabricação dos guias e das miniplacas

Após a finalização da fase de planejamento, arquivos STL foram gerados com o crânio operado simulado. Os arquivos foram importados à softwares CAD (computer-aided design), Mimics® Innovation Suite (Materialise N.V., Belgium), para modelagem tridimensional dos guias e das placas. A posição dos parafusos de fixação foi estabelecida por meio da observância das regiões de maior espessura óssea por meio de mapa de cores.

Foi realizado a conferência dos desenhos dos modelos tridimensionais dos guias e das placas e, após aprovação da ANVISA, os mesmos seguiram à fase de produção. O processo de impressão 3D metálica requer protocolos criteriosos de produção, visando desde monitoramento da matéria-prima, tratamento térmico, pós-processamento e verificações de controle de qualidade, como adaptação e estabilidade dimensional.

A precisão da adaptação das placas depende de vários fatores, principalmente: a qualidade da tomografia; o processo de segmentação dos tecidos ósseos e moles; a coincidência entre as osteotomias virtuais e as reais e; a qualidade do processo de impressão 3D.

Os pacientes realizaram uma tomografia pós-operatória imediata (T1) para avaliar a execução da técnica.

3.2 Amostra

A amostra foi composta por 20 (vinte) pacientes com diagnóstico de deformidade dentofacial e candidatos à cirurgia ortognática, operados exclusivamente pela equipe de pesquisa desse trabalho no Hospital Baía Sul de Florianópolis.

3.2.1 Critérios de inclusão

- Adultos de ambos os sexos;
- Candidatos a cirurgias bimaxilares: osteotomias tipo Le Fort I e sagital do ramo mandibular bilateral associados ou não a mentoplastia;

3.2.2 Critérios de exclusão

- Presença de síndromes ou malformações congênitas;
- Histórico de cirurgias em face prévias;
- Pacientes com histórico de trauma em face;
- Idade inferior a 18 anos.

3.3 Benefícios

Os pacientes foram submetidos a cirurgia ortognática realizada com material de fixação totalmente customizado (personalizado), uma tecnologia superior a encontrada tradicionalmente no material de estoque¹⁹. Assim, os principais benefícios da customização são: 1. Menor tempo operatório, logo; 2. Menor morbidade; 3. Estabilidade, pelo fato das placas não sofrerem conformação mecânicas como as placas convencionais.

Além disso as placas customizadas permitiram o emprego do conceito de cirurgia ortognática minimamente invasiva que apresenta como principais benefícios: 1. Menor morbidade; 2. Função precoce; 3. Retorno precoce as atividades cotidianas e laborais; 4. Preservação da mímica facial; 5. Menor taxa de parestesia; 6. Menos fibrose.

3.4 Metodologia de análise de dados

As tomografias (T0 e T1) foram importadas para o programa da Materialize® para realizar a comparação entre a tomografia de pós-operatorio imediata (T1) e os planos de tratamentos (T0). Pontos anatômico foram identificados na maxilar para avaliar a acurácia dos movimentos nas seguintes regiões:

- Região dos incisivos (movimentos laterais, anteroposteriores e craniocaudal)
- Região dos caninos (movimentos laterais, anteroposteriores e craniocaudal)
- Região dos molares (movimentos laterais, anteroposteriores e craniocaudal)
- Correção do plano oclusal (caninos direito e esquerdo)

Análise Estatística: os tamanhos de efeito foram calculados de acordo com as diretrizes de Cohen (1988), e o ICC (Coeficiente de Correlação Intraclass) foi interpretado usando os critérios de Szklo e Nieto (2000). A análise estatística incluiu medidas descritivas (médias, medianas, desvios padrão) e estatísticas inferenciais (tamanhos de efeito, análises de Bland-Altman e Coeficientes de Correlação Intraclass - ICC).

3.5 Orçamento Financeiro

As tomografias e exames adicionais pré-operatório foram de custos dos próprios pacientes como convencionalmente já seriam. Os pacientes não tiveram nenhum custo extra com relação ao material de fixação customizado, que foi cedido pela empresa CPMH – COMÉRCIO E INDÚSTRIA DE PRODUTOS MÉDICO - HOSPITALARES E ODONTOLÓGICOS LTDA, CNPJ sob o nº 13.532.259/0001-25, que doou todo o material, produzido e individualizado para cada paciente, de acordo com o planejamento cirúrgico apresentado pela equipe de pesquisadores.

3.6 Referências

1. Ellis E. Bimaxillary surgery using an inter- mediate splint to position the maxilla. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:53–6.
2. AlAsseri N, Swennen G: Minimally invasive orthognathic surgery: a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg* 2013;71:389-92
3. Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martinez R: "Twist technique" for pterygomaxillary dysjunction in minimally invasive Le Fort I osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013;42:1547-56
4. Gateno J, Xia J, Teichgraeber JF, Rosen A. A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:222–27
5. Xia J, Ip HH, Samman N, Wang D, Kot CS, Yeung RW, et al. Computer assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2000;29:11-7
6. Zille D, Dias L, Rander A: The evolution of surgical planning in orthognathic surgery. *EC Dental Science* 2018;17:1914-19
7. Philippe B: Custom-made prefabricated titanium miniplates in Le Fort I osteotomies: principles, procedure and clinical insights. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013;42:1001-6
8. Claus JDP, Almeida MS, Hernández-Alfaro F: In-House Hybrid Technique for Customization of Guides and Miniplates in Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg* 2020;31: 1122–24
9. Heufelder M, Wilde F, Pietzka S, Mascha F, Winter K, Schramm A, Rana M: Clinical accuracy of waferless maxillary positioning using customized surgical guides and patient specific osteosynthesis in bimaxillary orthognathic surgery. *J Cranio Maxillofac Surg* 2017;45:1578-1585
10. Swennen GRJ, Mommaerts MY, Abeloos J, et al: A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:48-57
11. Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martinez R: New protocol for three-dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013;42:1547-56

12. Carneiro Jr JT, Moraes PH, Oliveira DV, Carneiro NCM: Custom-made titanium miniplates associated with ultrahigh-molecular-weight polyethylene graft in orthognathic surgery: an adjunct to maxillary advancement. *J Oral Maxillofac Surg* 2018;76:1091-1098
13. Ji H, Du W, Xu C, Zhao Q, Ye B, Luo E: Computer-assisted osteotomy guides and pre-bent titanium plates improve the planning for correction of facial asymmetry. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2019;48:1043–1050
14. Bempt MV, Liebrechts J, Maal T, Berge S, XI T: Toward a higher accuracy in orthognathic surgery by using intraoperative computer navigation, 3D surgical guides, and/or customized osteosynthesis plates: A systematic review. *J Cranio Maxillofac Surg* 2018;46:2108-2119
15. (Cross-cultural adaptation of the orthognathic quality of life questionnaire (OQLQ) in a Brazilian sample of patients with dentofacial deformities.
Bortoluzzi MC, et al. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011. PMID: 20711138
16. Impact of orthognathic surgery on quality of life: a comparison between orthodontics-first and surgery-first approaches.
Saghafi H, Benington P, Ayoub A.
17. Al-Asfour A, Waheedi M, Koshy S. Survey of patient experiences of orthognathic surgery: health-related quality of life and satisfaction. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2018 Jun;47(6):726-731. doi: 10.1016/j.ijom.2017.12.010. Epub 2018 Jan 17. PMID: 29373200.
18. <https://www.care-statement.org/checklist>
19. Karanxha L, Rossi D, Hamanaka R, Gianni AB, Baj A, Moon W, Del Fabbro M, Romano M. Accuracy of splint vs splintless technique for virtually planned orthognathic surgery: A voxel-based three-dimensional analysis. *J Craniomaxillofac Surg*. 2021 Jan;49(1):1-8. doi: 10.1016/j.jcms.2020.11.008. Epub 2020 Nov 25. PMID: 33277160.

4. Artigo

Segundo norma da revista International Journal Of Oral and Maxillofacil Surgery
1399-0020

ADAPTING PATIENT SPECIFIC IMPLANTS FOR MINIMALLY INVASIVE ORTHOGNATHIC SURGERY: A CASE SERIES EVALUATION

Matheus Spinella Almeida^{1;3}, Jonathas Daniel Paggi Clau², Otacílio Chagas
Júnior³

¹ DDS - Instituto Bucomaxilofacial, Florianópolis, SC, Brazil.

² DDS, PhD - Instituto Bucomaxilofacial, Florianópolis, SC, Brazil.

³ DDS, PhD – Federal University of Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brazil.

Corresponding author:

Jonathas Daniel Paggi Claus

Instituto Bucomaxilofacial - Rua Santos Dumont 182, sala 202

CEP 88015-020 - Florianópolis, SC, Brazil

Tel: +55 48 99980 7197

Email: cirurgiaofacial@gmail.com

Key words: orthognathic surgery; minimally invasive surgical procedures; patient-specific modeling; three-dimensional imaging.

Abstract

Objective: This study evaluates the accuracy of maxillary repositioning using patient-specific implants (PSIs) adapted for minimally invasive orthognathic surgery (MIOS), emphasizing the use of only two miniplates to reduce surgical invasiveness. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 20 patients who underwent bimaxillary orthognathic surgery. Virtual surgical planning (VSP) and customized PSIs were utilized, with adaptations for MIOS, including smaller drilling guides and reduced surgical approaches. Postoperative computed tomography (CT) scans were compared to preoperative plans to measure the accuracy of skeletal movements in multiple regions of the maxilla. Descriptive and inferential statistical analyses, including Bland-Altman plots and intraclass correlation coefficients (ICCs), were performed. **Results:** Differences between planned and executed movements were minimal, with effect sizes ranging from 0.001 to 0.027 and ICC values exceeding 0.75 across all variables, demonstrating high reproducibility. The mean bias between planned and executed movements ranged from -0.06 mm to 0.31 mm, indicating excellent precision. The use of two miniplates reduced incision sizes, operative time, and costs without compromising surgical accuracy. **Conclusion:** This study demonstrates that the use of two customized miniplates in MIOS provides high precision and reproducibility in maxillary repositioning. This approach minimizes invasiveness, reduces costs, and shortens surgical times while maintaining comparable outcomes to traditional methods with four miniplates. Future studies should explore long-term outcomes to further validate this technique as a viable option for orthognathic surgery.

Introduction

The evolution of orthognathic surgery has been significantly shaped by the advent of virtual surgical planning (VSP), allowing surgeons to meticulously plan osteotomies and reposition bone segments in a 3D virtual environment, offering a more accurate and detailed understanding of the skeletal movements required [12,13]. This technology has paved the way for the development and application of patient specific implants (PSI). The use of PSIs, particularly in a splintless surgical workflow, has revolutionized maxillary repositioning by eliminating the variability associated with traditional occlusal splint-based methods, leading to more predictable outcomes in maxillary repositioning.

More recently, the introduction of minimally invasive orthognathic surgery (MIOS) has further advanced the field. By reducing incision sizes and the extent of soft tissue dissection, MIOS leads to less postoperative swelling, shorter hospital stays, and faster recovery times [2,4]. However, the use of PSI traditionally requires larger surgical approaches to accommodate the insertion of drilling guides and the custom plates.

To overcome this limitation, it became necessary to adapt the size and design of these devices to fit within the smaller operative fields of MIOS [14]. Customized, smaller PSI and modified guides have been developed to maintain the precision of implant placement while allowing surgeons to minimize tissue disruption. This study aims to evaluate the accuracy of maxillary repositioning using PSI adapted and in combination with MIOS.

Material and methods

Study Design

This was a single-center, retrospective study performed between January 1, 2022 and December 30, 2023, in the Instituto Bucomaxilofacial – Florianópolis/Brazil involving 20 patients who had undergone bimaxillary orthognathic surgery. Syndromic patients, history of trauma or previous surgery were excluded from the sample.

VSP and PSI fabrication

After collecting the data from the preoperative computed tomography (CT) and occlusal dental scan, the first step was to create the virtual patient by importing and segmenting the DICOM files, adjusting the patient head position, importing and positioning the dental casts (STL files) and create the composite skull. The software Dolphin Imaging (version 11.9) was used to define the skeletal movements required according to the patient's clinical indication and the professional's preference[6].

After the planning phase, STL files are generated, including the initial and final bony positions. The files are imported into CAD (computer-aided design) software for guides and plates three-dimensional modeling. The fixation screws positions are defined by a thickness color map generated through a CT analysis.

To increase the precision and stability, it was opted for occlusal-supported guides. With the intention of reducing the need for large approaches, cutting and drilling guides only demarcated the main region of interest, where the patient-specific plates would be placed. All the plates were designed according to the MIOS protocol, with the main difference in the maxilla, with only one plate each side in the canine pillars.

After final approval, both guides and plates were made using 3D metal printing (Metal Powder Bed Fusion technology), allowing the production of complex and reliable structures. The implants were designed and manufactured by CPMH® (Brasília, Brazil).

Surgical Procedure

All surgeries were performed by the same surgical team. The surgeries followed the MIOS protocol described previously by the authors. In summary, this protocol included reduced incisions with conventional 15 blade, minimized tunneling dissection, sub-spinal osteotomy in the maxilla and the modified mandibular osteotomy, with an anterior oblique cut towards the angle to preserve the lower border unit [3,10].

All cases were operated on according to a maxilla-first approach. After dissection, the cutting and drilling guides were positioned supported by the dentition. To preserve the size of the approach, the guides were separated for right and left side, indicating only the maxillary osteotomy line in the area of fixation, as well as the drilling locations of the screws.

After maxillary mobilization the two PSI plates were positioned over the pre-drilled screw holes and fixed with 2.0mm titanium screws. The mandible was then repositioned using the final occlusal splint and fixation was applied with the one PSI plate in each side.

Postoperative Data Collection:

Postoperative outcomes were evaluated using computed tomography (CT) scans taken within a day after surgery. These scans were imported into the Materialize software to compare with the preoperative plans. Specific anatomical landmarks were identified in the maxilla to measure the accuracy of movements in the following regions:

- **Incisor regions** (lateral-lateral, anteroposterior, cranial-caudal)
- **Molar regions** (left and right, lateral-lateral, anteroposterior, cranial-caudal)
- **Cant correction** (right and left canine regions)

Statistical Analysis:

Effect sizes were calculated according to Cohen's (1988) guidelines, and ICC was interpreted using criteria from Szklo and Nieto (2000)

Results:

The analysis compared the movements planned in the virtual surgical environment to those executed during surgery across multiple regions of the maxilla and mandible. The statistical analysis included descriptive measures (means, medians, standard deviations) and inferential statistics (effect sizes, Bland-Altman analyses, and Intraclass Correlation Coefficients - ICC).

General Overview of Movement Accuracy:

Across all variables, the differences between planned and executed movements were small or very small, with effect sizes ranging from 0.001 to 0.027, indicating high accuracy. The overall biases (mean differences) between planned and executed movements varied from -0.06 mm (anteroposterior movement of the left molar) to 0.31 mm (cranial-caudal movement of the left molar). These results indicate that the minimally invasive approach using only two miniplates maintained excellent accuracy.

Table 1. Reproducibility Between Planned and Executed Movements (mm)

Variable	Planned Movement (Mean $\pm$ SD)	Executed Movement (Mean $\pm$ SD)	Frequency (%) Planned > Executed	Frequency (%) Executed > Planned	Effect Size	Bias (Bland-Altman 95% Limits)	Intraclass Correlation (ICC 95% CI)
Incisor (Lateral-Lateral)	0.74 $\pm$ 0.93	1.00 $\pm$ 0.91	3 (15%)	12 (60%)	0.027	0.25 (0.08 – 0.42)	0.89 (0.74 – 0.95)
Incisor (Antero-Posterior)	4.71 $\pm$ 1.55	4.98 $\pm$ 1.73	6 (30%)	11 (55%)	0.016	0.26 (-0.06 – 0.42)	0.90 (0.78 – 0.96)

Posterior)						– 0.59)	
Incisor (Cranial – Caudal)	2.27 ± 1.44	2.25 ± 1.56	10 (50%)	7 (35%)	0.00 1	-0.02 (-0.33 – 0.29)	0.91 (0.79 – 0.96)
Molar (Right Lateral- Lateral)	0.86 ± 0.78	1.03 ± 0.82	6 (30%)	9 (45%)	0.02 2	0.17 (-0.04 – 0.39)	0.82 (0.61 – 0.93)
Molar (Right Antero- Posterior)	4.86 ± 1.78	4.89 ± 1.68	7 (35%)	9 (45%)	0.00 2	0.03 (-0.27 – 0.33)	0.93 (0.84 – 0.97)
Molar (Right Cranial- Caudal)	2.32 ± 1.06	2.36 ± 1.23	7 (35%)	9 (45%)	0.00 3	0.04 (-0.27 – 0.35)	0.84 (0.64 – 0.93)
Molar (Left Lateral- Lateral)	0.73 ± 0.73	0.90 ± 0.67	5 (25%)	11 (55%)	0.02 3	0.16 (-0.01 – 0.34)	0.84 (0.65 – 0.93)
Molar (Left Antero- Posterior)	4.87 ± 1.89	4.81 ± 1.87	8 (40%)	8 (40%)	0.00 3	-0.06 (-0.38 – 0.27)	0.94 (0.85 – 0.97)
Molar (Left Cranial- Caudal)	2.22 ± 1.35	2.54 ± 1.43	4 (20%)	11 (55%)	0.02 3	0.31 (-0.05 – 0.68)	0.83 (0.62 – 0.93)

Cant Correcti on (Right Canine)	51.71 ± 3.78	51.78 ± 4.03	7 (35%)	9 (45%)	0.00 2	0.07 (-0.21 – 0.36)	0.99 (0.97 – 1.00)
Cant Correcti on (Left Canine)	51.68 ± 3.85	51.67 ± 3.97	7 (36%)	9 (47%)	0.00 0	-0.01 (-0.35 – 0.33)	0.98 (0.96 – 0.99)

Graphical Representation of Bland-Altman Analysis:

Bland-Altman plots were generated to assess the bias and limits of agreement between planned and executed movements. The results showed no significant trend towards over- or under-correction, supporting the precision of the planned surgical movements.

- **Figure 1:** Bland-Altman plot for lateral-lateral movement of the upper incisor.
- **Figure 2:** Bland-Altman plot for antero-posterior movement of the upper incisor.
- **Figure 3:** Bland-Altman plot for cranial-caudal movement of the upper incisor.

These plots confirmed the absence of systemic bias in movement execution across all measured variables.

Our results align with findings from previous randomized controlled trials on PSIs, which demonstrated significantly higher accuracy compared to conventional surgical splints(RCT customizada 1)(RCT customizada 2) [15]. Notably, our approach using only two miniplates yielded high reproducibility across anatomical regions of the maxilla, with differences between planned and executed movements similar to those reported in more hardware-intensive procedures.

This further supports the notion that PSIs can maintain high accuracy even in minimally invasive settings."

Discussion:

The implants adaptation depends on several factors, such as: CT scan quality; CT scan segmentation process; coincidence between virtual and real osteotomies and the quality of the 3D printing process [10,11].

The personalization process saves time during the surgery, as plates are already formed and no extra bend and/or occlusal guides placement are [6,7]. Consequently, no posterior direct vision is needed as only anterior fixation is used, therefore, facilitating plate fixation through small incisions using the minimally invasive surgery concept[8,10]. As any new technique, there is an associated learning curve, especially with regards to the guides positioning and precautions related to the maxillary downfracture or mandibular osteotomy splits, avoiding overload on the pre-drilled areas.

This study demonstrates not only the high reproducibility of planned and executed movements but also highlights an important innovation: the use of only two miniplates in the maxilla, as opposed to the traditional four. This approach was specifically designed to minimize invasiveness, reduce incision size, and limit tissue dissection, leading to a number of clinical advantages such as reduced surgical time, lower costs, and quicker patient recovery.

In conventional orthognathic surgery, the standard practice involves the use of four miniplates for maxillary fixation. However, in this study, we explored the effectiveness of a more conservative approach, using only two customized miniplates. This technique offers several benefits:

- **Smaller incisions and reduced dissection:** By reducing the number of fixation points, it was possible to minimize the extent of soft tissue dissection, leading to less trauma and potentially faster healing for patients
- **Shorter operative time:** With fewer plates to place and adjust, the overall surgical time was reduced, contributing to a more efficient procedure. This

is consistent with the findings of Sánchez-Jauregui et al., who also observed significant reductions in operative time when using customized plates [5].

- **Lower costs:** By reducing the number of plates, the overall cost of the procedure was decreased, making this approach more accessible and sustainable, particularly in resource-limited settings. Previous studies have highlighted the cost implications of patient-specific implants, and this research supports the idea that using fewer miniplates can maintain surgical accuracy while also being cost-effective [7].

Despite using only two miniplates, the results showed no compromise in surgical accuracy. The small differences between planned and executed movements, with effect sizes ranging from very small to small, demonstrate that this less invasive technique does not sacrifice precision. This is particularly important when considering the long-standing concern that fewer fixation points could lead to reduced stability or accuracy. However, our findings suggest that this is not the case, reinforcing the feasibility of this approach in achieving comparable outcomes to the traditional four-miniplate method.

Additionally, the Bland-Altman analysis and the high intraclass correlation coefficients ($ICC > 0.75$) across all variables further validate the precision of the two-miniplate technique. These results align with the broader literature on the effectiveness of patient-specific implants (PSIs) in maintaining accuracy during orthognathic surgery. For example, Heifetz-Li et al. (2021) also demonstrated high accuracy with PSIs, though their study focused on the use of four plates. The current study expands upon these findings by showing that similar levels of precision can be achieved with fewer fixation points [8,15].

This technique could represent a significant advancement in the field of orthognathic surgery, particularly for patients seeking less invasive procedures with quicker recovery times. By using only two miniplates, surgeons can offer a minimally invasive option that still ensures high accuracy, as demonstrated by the reproducibility of movements in this study. Furthermore, the reduction in both surgical time and cost could make this method more accessible in a variety of clinical settings, without compromising the quality of the outcomes.

While previous research has demonstrated the accuracy and efficacy of PSIs in orthognathic surgery(2021 Customization), this study provides new insights into their application in a minimally invasive context. Our findings suggest that PSIs, even when used with fewer fixation points, can achieve comparable outcomes to conventional methods that use four miniplates(RCT customized 1)(RCT customized 2). This reduction in hardware not only minimizes surgical trauma but also lowers costs, making this technique a promising option for patients and surgeons alike [2,4].

The innovative approach of using two miniplates for maxillary fixation in minimally invasive orthognathic surgery offers several clinical advantages, including reduced invasiveness, lower costs, and shorter surgical times, without sacrificing accuracy. This study confirms the high precision of this technique, as supported by both statistical analysis and comparison with conventional methods. Future research should continue to explore the long-term functional and aesthetic outcomes of this less invasive approach, further supporting its integration into clinical practice.

The innovative use of two miniplates for maxillary fixation in minimally invasive orthognathic surgery demonstrates that it is possible to achieve high accuracy and reproducibility with less hardware. These findings build on previous research on PSIs in traditional surgeries(RCT customized 1)(RCT customized 2), showing that similar precision can be maintained while reducing invasiveness. Future studies should explore long-term outcomes and further validate the use of PSIs in minimally invasive orthognathic protocols.

References

- 1 Claus JDP, Almeida MS: Cirurgia Ortognática – Showcase Book. 1st Ed. Santos Publicações. 2020.
- 2 Hernández-Alfaro F, Bueno JM, Diaz A, Pagés CM: Minimally invasive surgically assisted rapid palatal expansion with limited approach under sedation: a report of 283 consecutive cases. J Oral Maxillofac Surg. 2010; 68:2154-2158.
- 3 Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martinez R: “Twist technique” for pterygomaxillary dysjunction in minimally invasive Le Fort I osteotomy. Int J Oral Maxillofac Surg 2013;42:1547-56.
- 4 AlAsseri N, Swennen G: Minimally invasive orthognathic surgery: a systematic review. Int J Oral Maxillofac Surg 2018;47:1299-1310.
- 5 Cordier G, Sigaux N, Ibrahim B, Cresseaux P: The intermediate length BSSO: Finding the balance between the classical and short designs. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2020;121:70-73
- 6 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 Oral Maxillofac Surg 2016;45:662–669
- 7 Claus JDP, Almeida MS, Lopes HJC, Pereira A, Leon N: Esthetic considerations in minimally invasive orthognathic surgery. Compendium 2023;44(2);81-86.
- 8 Claus JDP, Almeida MS, Hernández-Alfaro F: In-house hybrid technique for customization of guides and miniplates in orthognathic surgery. J Craniofac Surg. 2020;31:1122–24.
- 9 Claus JDP, Almeida MS, Zille D: Customization in minimally invasive orthognathic surgery. Advances Oral Maxillofac Surg 2021;3:1-3.

- 10 Swennen G: Surgical Efficiency and minimizing patient morbidity by using a novel surgical algorithm in orthognathic surgery. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2020;28:95-109.
- 11 Macedo DV, Monnazzi MS, de Almeida MS, Claus JDP: A novel guide for minimally invasive genioplasty. *Oral Maxillofac Surg* 27:707, 2023.
- 12 Xia J, Ip HH, Samman N, Wang D, Kot CS, Yeung RW, et al. Computer assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2000;29:11-7
- 13 Gateno J, Xia J, Teichgraeber JF, Rosen A. A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:222–27
- 14 Philippe B: Custom-made prefabricated titanium miniplates in Le Fort I osteotomies: principles, procedure and clinical insights. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2013;42:1001-6
- 15 Heufelder M, Wilde F, Pietzka S, Mascha F, Winter K, Schramm A, Rana M: Clinical accuracy of waferless maxillary positioning using customized surgical guides and patient specific osteosynthesis in bimaxillary orthognathic surgery. *J Cranio Maxillofac Surg* 2017;45:1578-1585

5. Considerações finais

Este estudo confirma que a customização de miniplacas em cirurgia ortognática minimamente invasiva é precisa e viável, reduzindo invasividade e promovendo recuperação mais rápida. Apesar das limitações, a técnica mostra potencial para integrar a prática clínica, oferecendo avanços significativos na qualidade de vida dos pacientes.

6. Material suplementar

6.1 Anexo A

Avaliação da eficácia das placas customizadas em Cirurgia Ortognática Minimamente Invasiva

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E INFORMADO

Pesquisador Responsável: Jonathas Daniel Paggi Claus

Telefones para contato: (48) 98414-1828

Nome: _____

Idade: _____ anos R.G. _____

O Sr. (ª) está sendo convidado(a) a participar deste projeto de pesquisa. Este projeto tem como objetivo avaliar a eficácia das placas customizadas em cirurgia ortognática minimamente invasiva. Se o Sr(ª) aceitar participar desse estudo será submetido a uma entrevista inicial sobre o uso de medicamentos sistêmicos, bem como dados de doenças crônicas e ou imunossupressoras. Além disso, o Sr(ª) será perguntado sobre hábitos deletérios como por exemplo o uso do cigarro e álcool. O Sr(ª) será submetido a exames de tomografia computadorizada e posteriormente, ao procedimento cirúrgico planejado. Terá necessidade de retornos periódicos para reavaliações e continuação do tratamento. O Sr(ª) poderá obter informações sobre os testes e os resultados do projeto a qualquer momento com os responsáveis da pesquisa. É valido ressaltar que a participação do projeto é feita de forma voluntária e a não aceitação do mesmo não acarretará em prejuízo algum para o voluntário. Este consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, sem prejuízo ao voluntario. Garantimos a confidencialidade das informações dadas pelo Sr(ª) e a sua privacidade durante todas as etapas da pesquisa.

Eu, _____, RG n° _____
_____ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Florianópolis, ____ de _____ de _____

6.2 Imagens Sobreposição

Incisivo Superior

- ⊕ **Movimentação Latero-Lateral**
 - Movimentação Planejada: 1.63 mm para direita do paciente
 - Movimentação imediata: 2.32 mm para direita do paciente
 - Diferença: 0.69



cpmh

Incisivo Superior

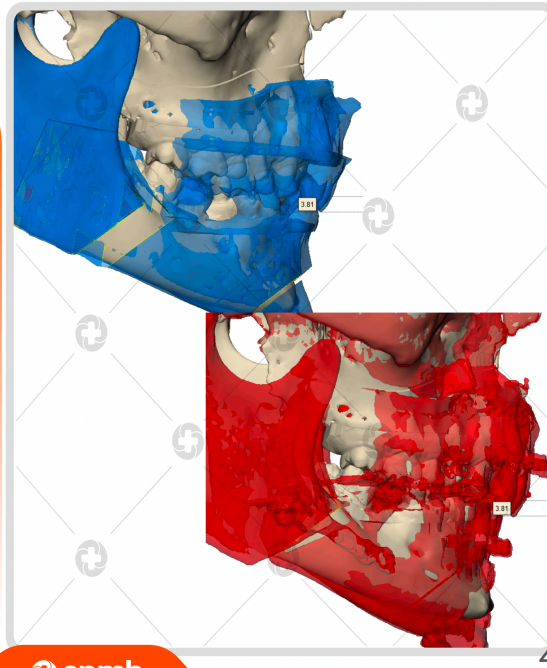
- ⊕ **Movimentação Antero-Posterior**
 - Movimentação Planejada: 6.69 mm para anterior
 - Movimentação imediata: 7.28 mm para anterior
 - Diferença: 0.59 mm



cpmh

Incisivo Superior

- ⊕ **Movimentação Cranial-Caudal**
 - Movimentação Planejada: 3.81 mm para caudal
 - Movimentação imediata: 3.81 mm para caudal
 - Diferença: N/A



cpmh

4

Molar Direito

- ⊕ **Movimentação Latero-Lateral**
 - Movimentação Planejada: 1.18 mm para direita do paciente
 - Movimentação imediata: 1.18 mm para direita do paciente
 - Diferença: N/A

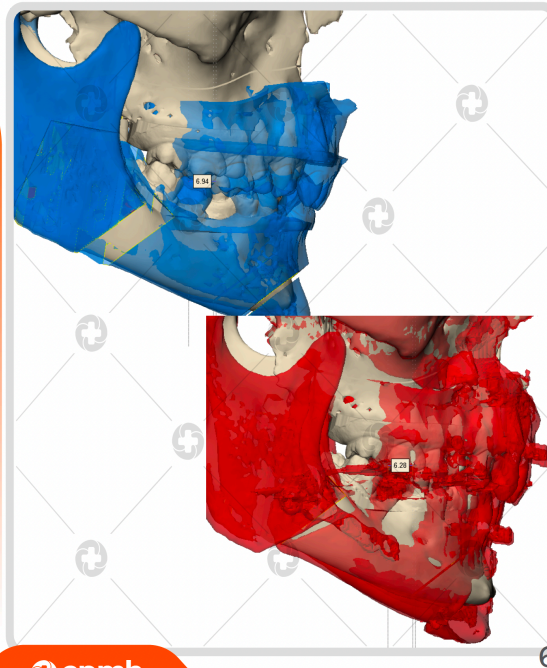


cpmh

5

Molar Direito

- ⊕ **Movimentação Antero-Posterior**
 - Movimentação Planejada: 6.94 mm para anterior
 - Movimentação imediata: 6.28 mm para anterior
 - Diferença: 0.66

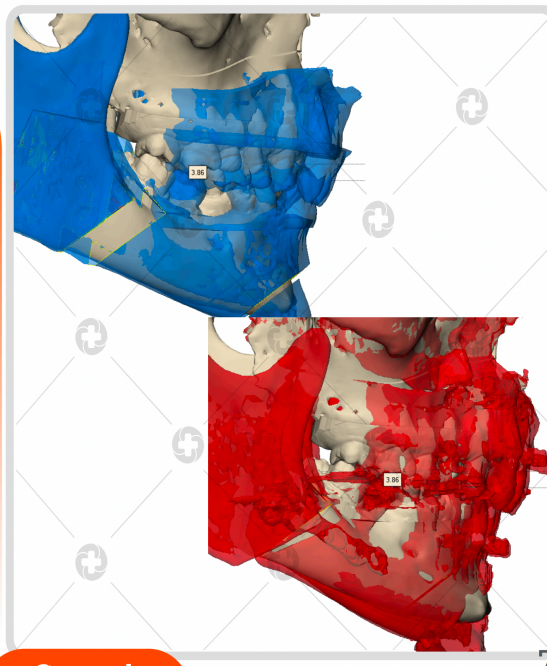


cpmh

6

Molar direito

- ⊕ **Movimentação Cranial-Caudal**
 - Movimentação Planejada: 3.86 mm para caudal
 - Movimentação imediata: 3.86 mm para caudal
 - Diferença: N/A

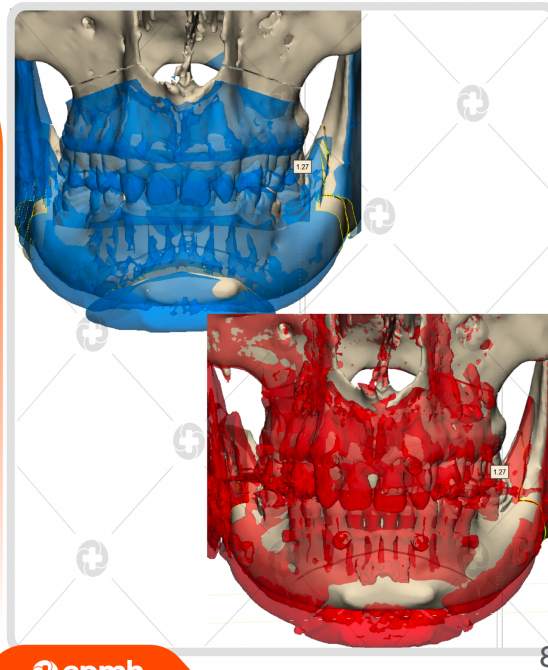


cpmh

7

Molar Esquerdo

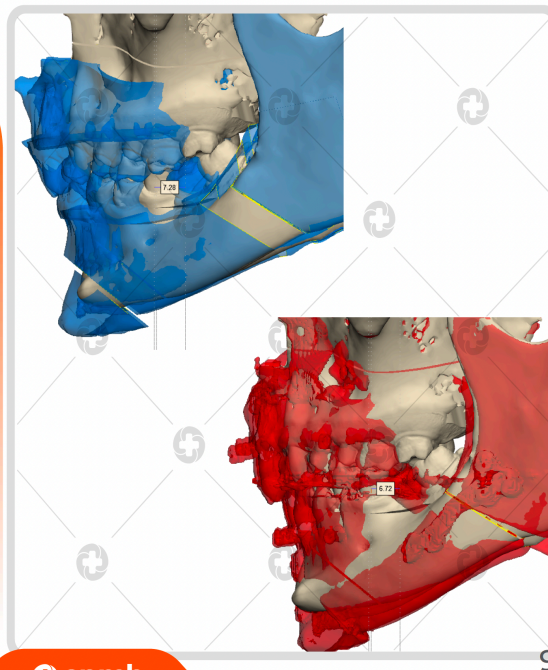
- ⊕ **Movimentação Latero-Lateral**
 - Movimentação Planejada: 1.27 mm direita do paciente
 - Movimentação imediata: 1.27 mm direita do paciente
 - Diferença: N/A



cpmh

Molar Esquerdo

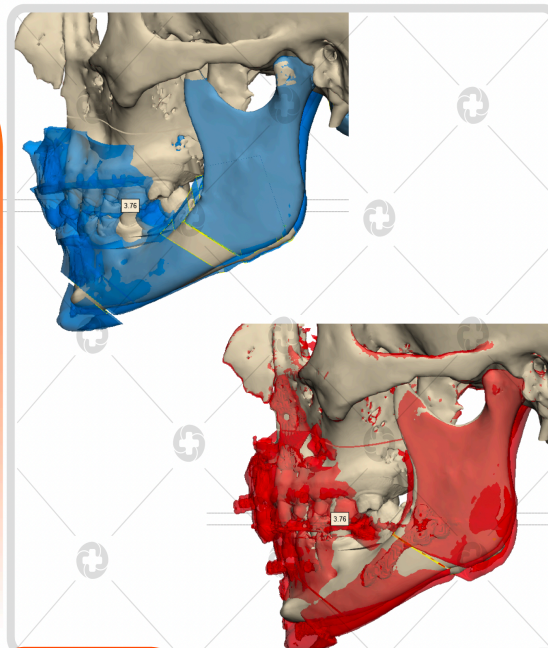
- ⊕ **Movimentação Antero-Posterior**
 - Movimentação Planejada: 7.28 mm para anterior
 - Movimentação imediata: 6.72 mm para anterior
 - Diferença: 0.56



cpmh

Molar Esquerdo

- ⊕ **Movimentação Cranial-Caudal**
 - Movimentação Planejada: 3.76 mm para caudal
 - Movimentação imediata: 3.76 mm para caudal
 - Diferença: N/A

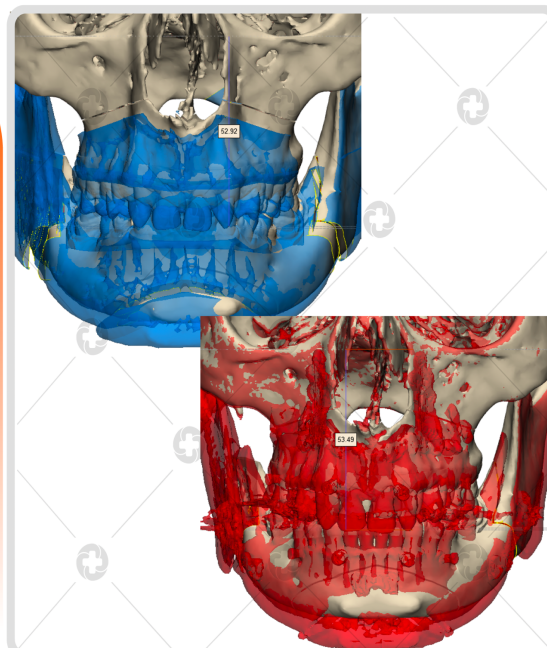


cpmh

10

Correção de Cant

- ⊕ **Canino Direito Para Orbita**
 - Movimentação Planejada: 52.92 mm
 - Movimentação imediata: 53.49 mm
 - Diferença: 0.57

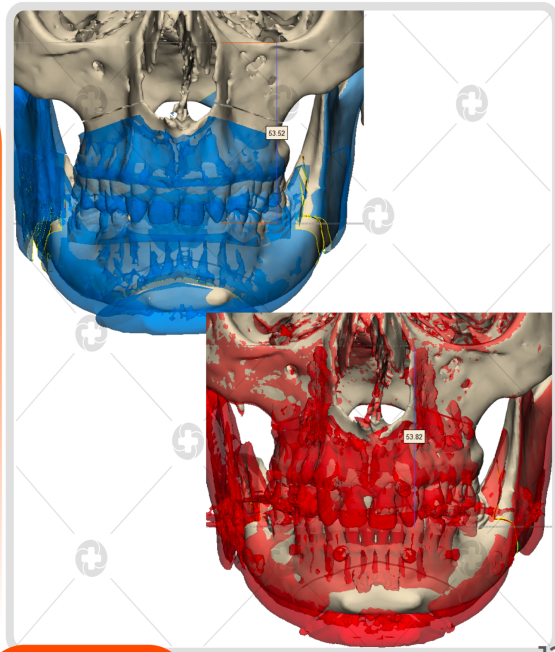


cpmh

11

Correção de Cant

- ⊕ Canino Esquerdo Para Orbita
 - Movimentação Planejada: 53.52 mm
 - Movimentação imediata: 53.82 mm
 - Diferença: 0.30



6.3 Análise estatística

Variável	Movimento planejado		Movimento executado		Frequência (%) com planejamento executado	Frequência (%) com planejamento executado	Tamanho do efeito	Viés (Limites de 95% de concordância de Bland-Altman)	Coeficiente de correlação intraclass (Limites de 95% de confiança)
	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo; máximo)	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo; máximo)					
Incisivo Superior Latero-lateral	0,74 (0,93)	0,41 (0,00; 3,91)	1,00 (0,91)	0,64 (0,00; 3,42)	3 (15,0 %)	12 (60,0 %)	² 0,27	0,25 (0,08 – 0,42)	0,89 (0,74 – 0,95)
Incisivo Superior Antero-posterior	4,71 (1,55)	4,94 (1,34; 6,70)	4,98 (1,73)	5,52 (0,95; 7,28)	6 (30,0 %)	11 (55,0 %)	¹ 0,16	0,26 (-0,06 – 0,59)	0,90 (0,78 – 0,96)
Incisivo Superior Cranial-Caudal	2,27 (1,44)	2,21 (0,51; 6,53)	2,25 (1,56)	2,06 (0,40; 7,00)	10 (50,0 %)	7 (35,0 %)	¹ 0,01	-0,02 (-0,33 – 0,29)	0,91 (0,79 – 0,96)
Molar Direito Latero-lateral	0,86 (0,78)	0,59 (0,00; 2,57)	1,03 (0,82)	0,74 (0,10; 2,68)	6 (30,0 %)	9 (45,0 %)	² 0,22	0,17 (-0,04 – 0,39)	0,82 (0,61 – 0,93)
Molar Direito Antero-posterior	4,86 (1,78)	5,38 (0,66; 7,72)	4,89 (1,68)	5,16 (1,55; 7,72)	7 (35,0 %)	9 (45,0 %)	¹ 0,02	0,03 (-0,27 – 0,33)	0,93 (0,84 – 0,97)
Molar Direito Cranial-Caudal	2,32 (1,06)	2,08 (0,69; 5,15)	2,36 (1,23)	2,14 (0,87; 6,35)	7 (35,0 %)	9 (45,0 %)	¹ 0,03	0,04 (-0,27 – 0,35)	0,84 (0,64 – 0,93)
Molar Esquerdo Latero-lateral	0,73 (0,73)	0,46 (0,00; 2,87)	0,90 (0,67)	0,72 (0,02; 2,62)	5 (25,0 %)	11 (55,0 %)	² 0,23	0,16 (-0,01 – 0,34)	0,84 (0,65 – 0,93)

Variável	Movimento planejado		Movimento executado		Frequência (%) com planejamento executado	Frequência (%) com planejamento	Tamanho do efeito	Viés (Limites de 95% de concordância) de Bland-Altman	Coeficiente de correlação intraclass (Limites de 95% de confiança)
	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo; máximo)	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo; máximo)					
Molar Esquerdo Antero-posterior	4,87 (1,89)	5,01 (0,96; 8,49)	4,81 (1,87)	4,66 (0,47; 8,49)	8 (40,0 %)	8 (40,0 %)	¹ 0,03	-0,06 (-0,38 – 0,27)	0,94 (0,85 – 0,97)
Molar Esquerdo Cranial-Caudal	2,22 (1,35)	2,18 (0,10; 5,46)	2,54 (1,43)	2,44 (0,61; 5,46)	4 (20,0 %)	11 (55,0 %)	² 0,23	0,31 (-0,05 – 0,68)	0,83 (0,62 – 0,93)
Correção de Cant: Canino direito	51,71 (3,78)	51,12 (45,42; 58,23)	51,78 (4,03)	51,19 (45,06; 58,52)	7 (35,0 %)	9 (45,0 %)	¹ 0,02	0,07 (-0,21 – 0,36)	0,99 (0,97 – 1,00)
Correção de Cant: Canino esquerdo	51,68 (3,85)	51,42 (45,91; 58,79)	51,67 (3,97)	51,26 (45,24; 58,57)	7 (36,8 %)	9 (47,4 %)	¹ 0,00	-0,01 (-0,35 – 0,33)	0,98 (0,96 – 0,99)

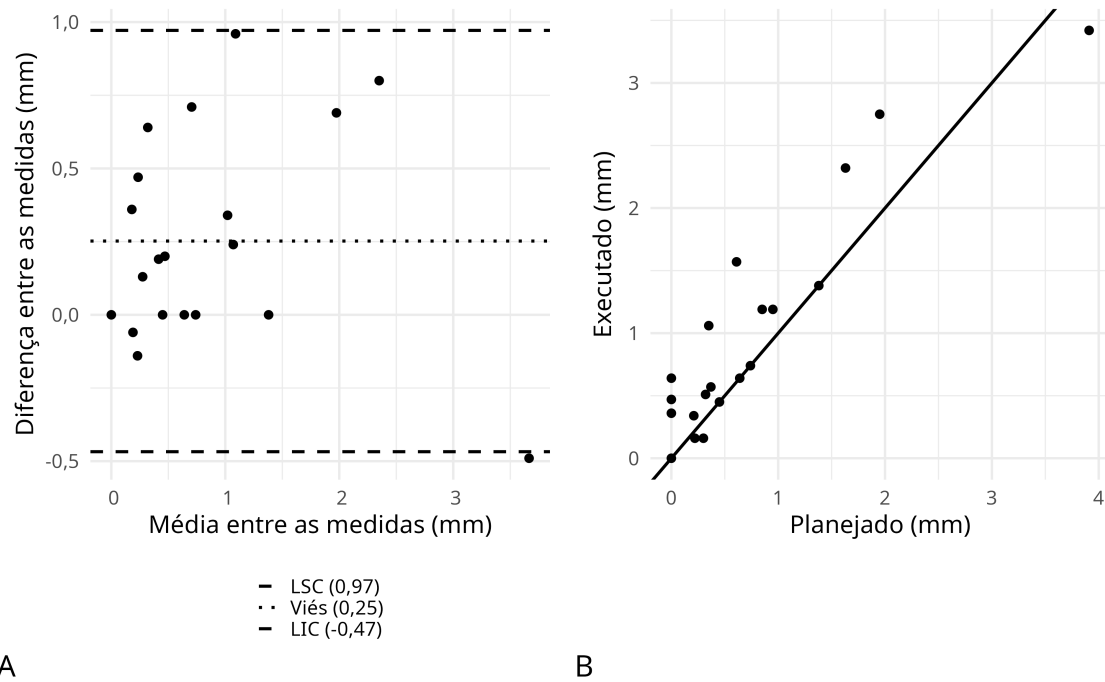


Figura 1. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Incisivo Superior Latero-lateral. *LSC*: *limite superior de concordância*; *LIC*: *limite inferior de concordância*. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Incisivo Superior Latero-lateral (mm).

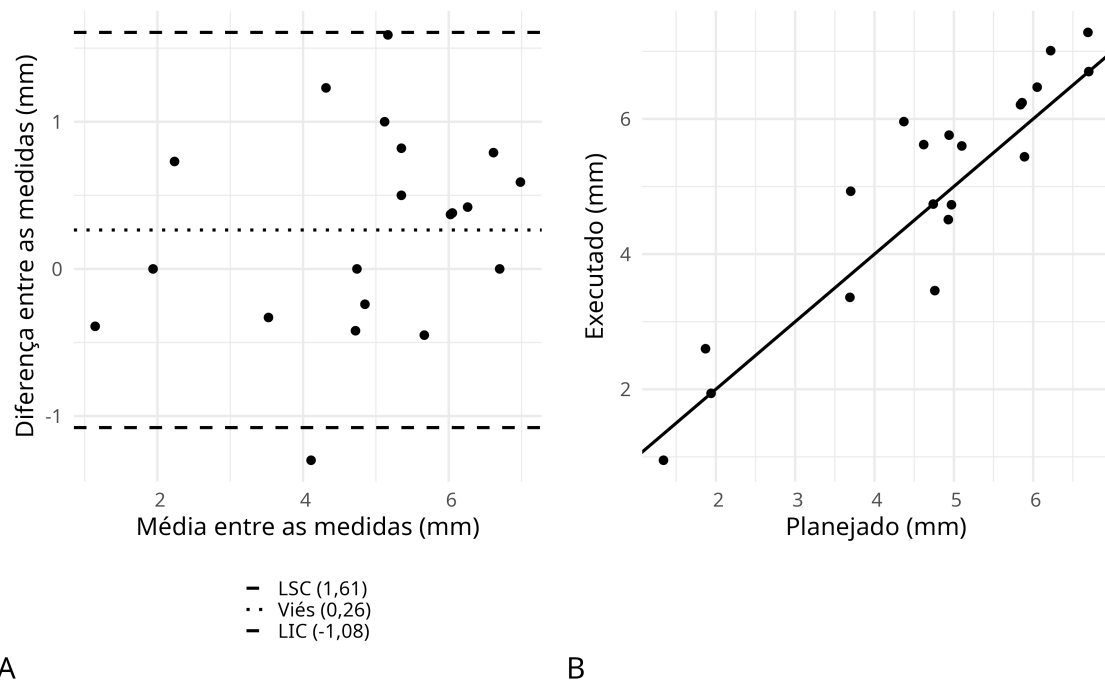


Figura 2. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Incisivo Superior Antero-posterior. *LSC*: limite superior de concordância; *LIC*: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Incisivo Superior Antero-posterior (mm).

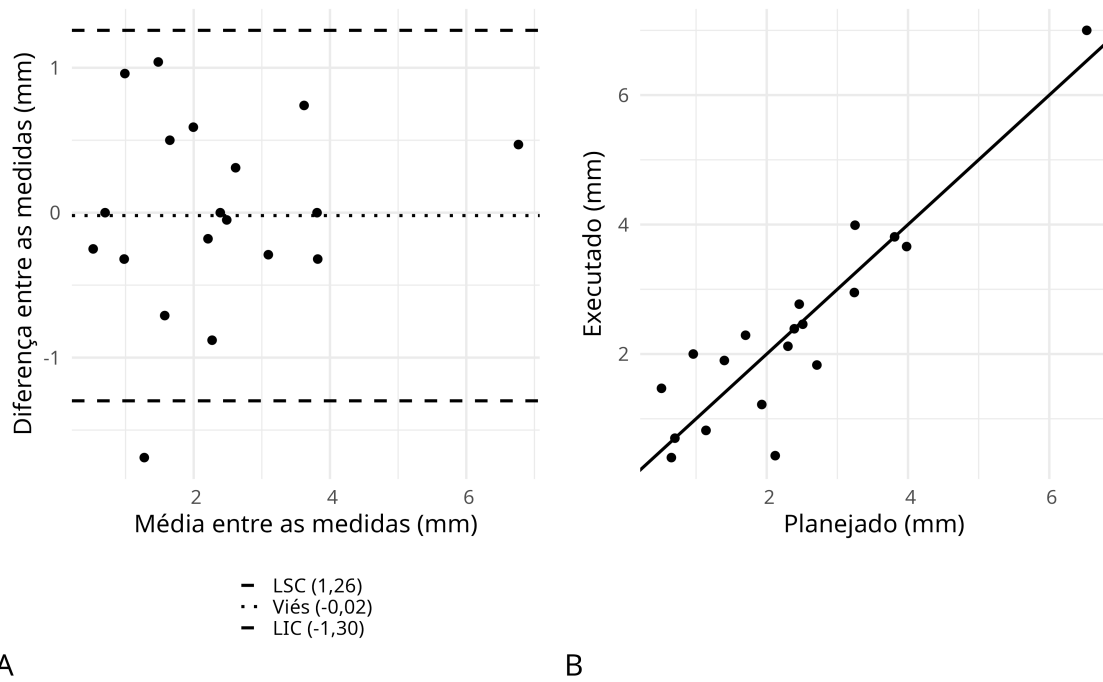


Figura 3. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Incisivo Superior Cranial-Caudal. *LSC*: limite superior de concordância; *LIC*: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Incisivo Superior Cranial-Caudal (mm).

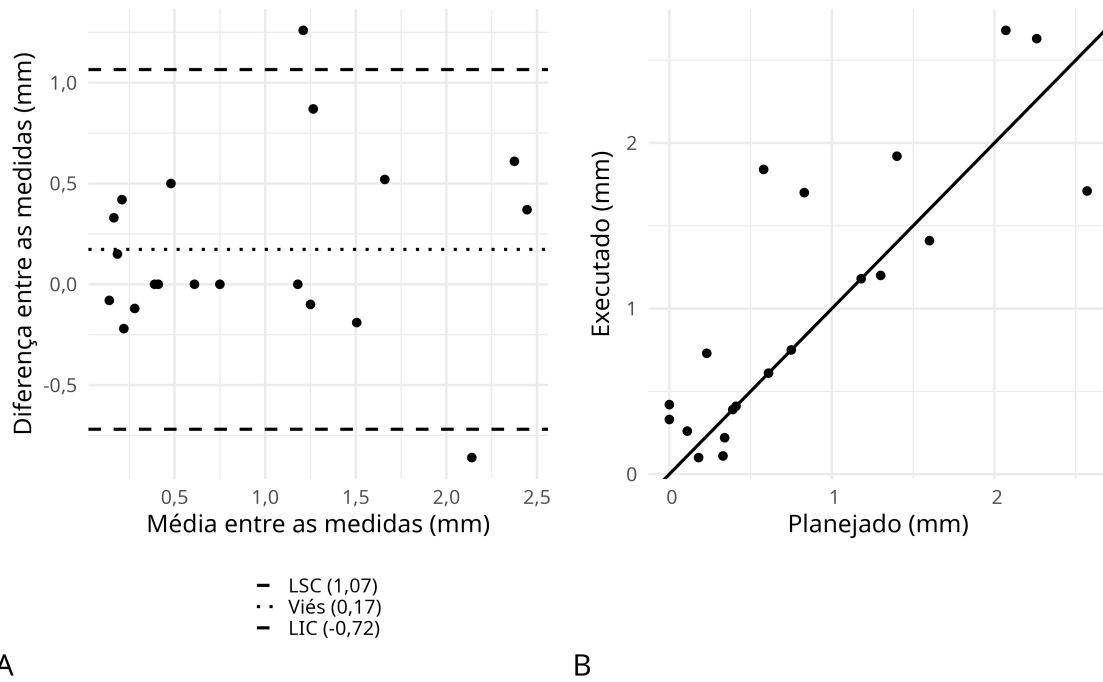


Figura 4. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Molar Direito Latero-lateral. *LSC*: limite superior de concordância; *LIC*: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Molar Direito Latero-lateral (mm).

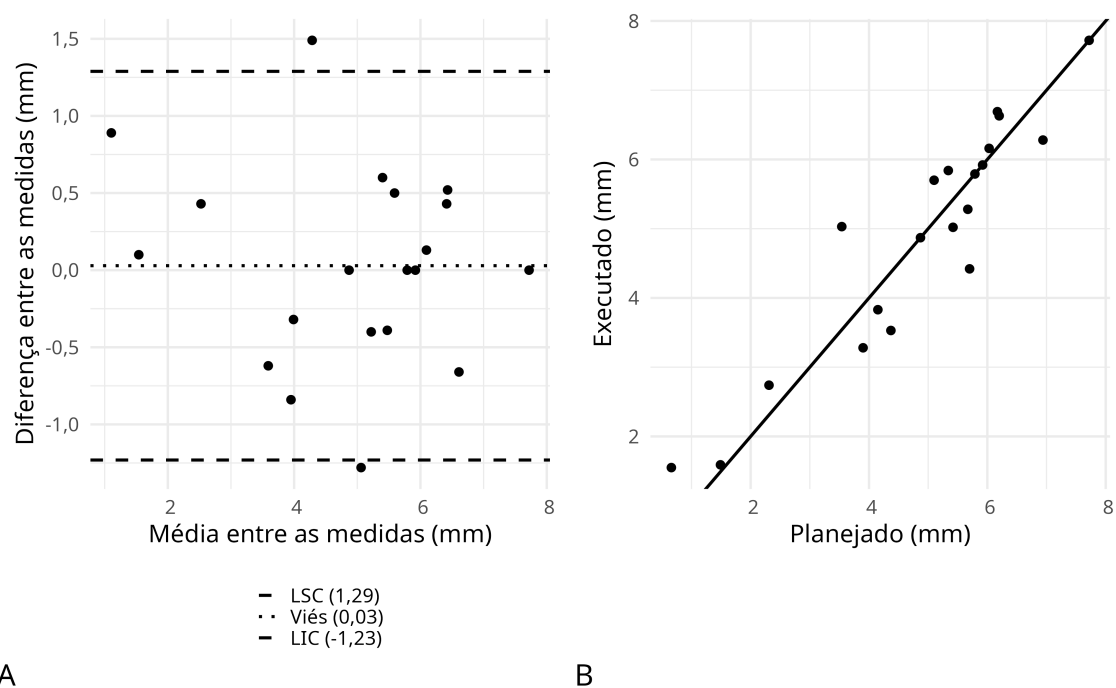


Figura 5. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Molar Direito Antero-posterior. *LSC*: *limite superior de concordância*; *LIC*: *limite inferior de concordância*. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Molar Direito Antero-posterior (mm).

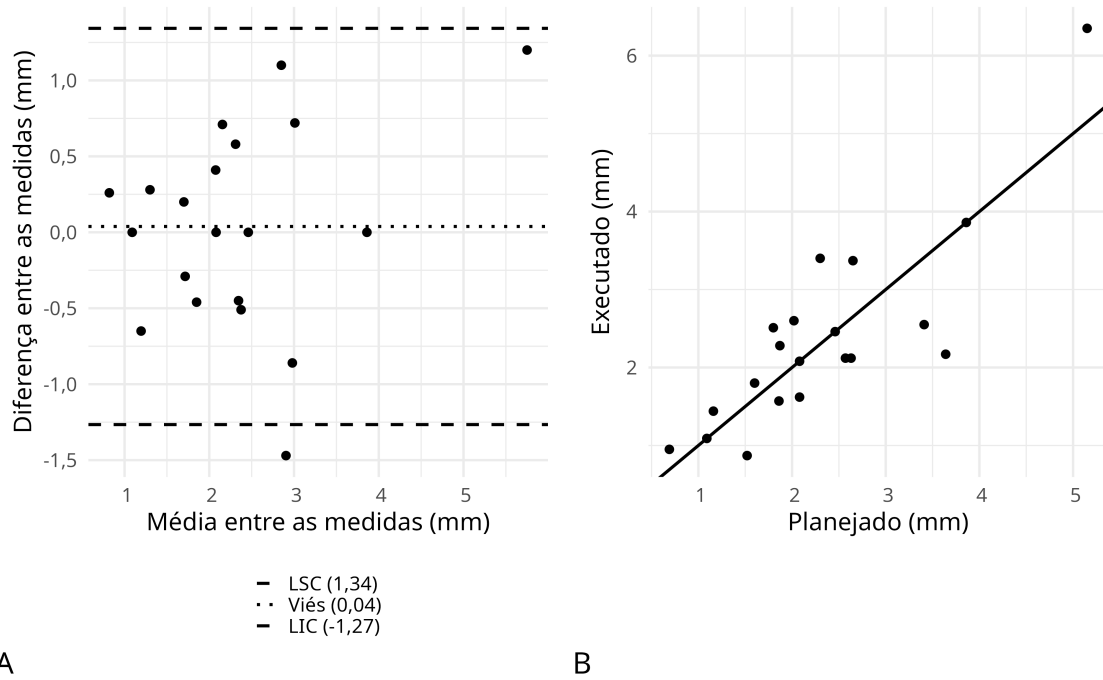


Figura 6. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Molar Direito Cranial-Caudal. *LSC*: *limite superior de concordância*; *LIC*: *limite inferior de concordância*. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Molar Direito Cranial-Caudal (mm).

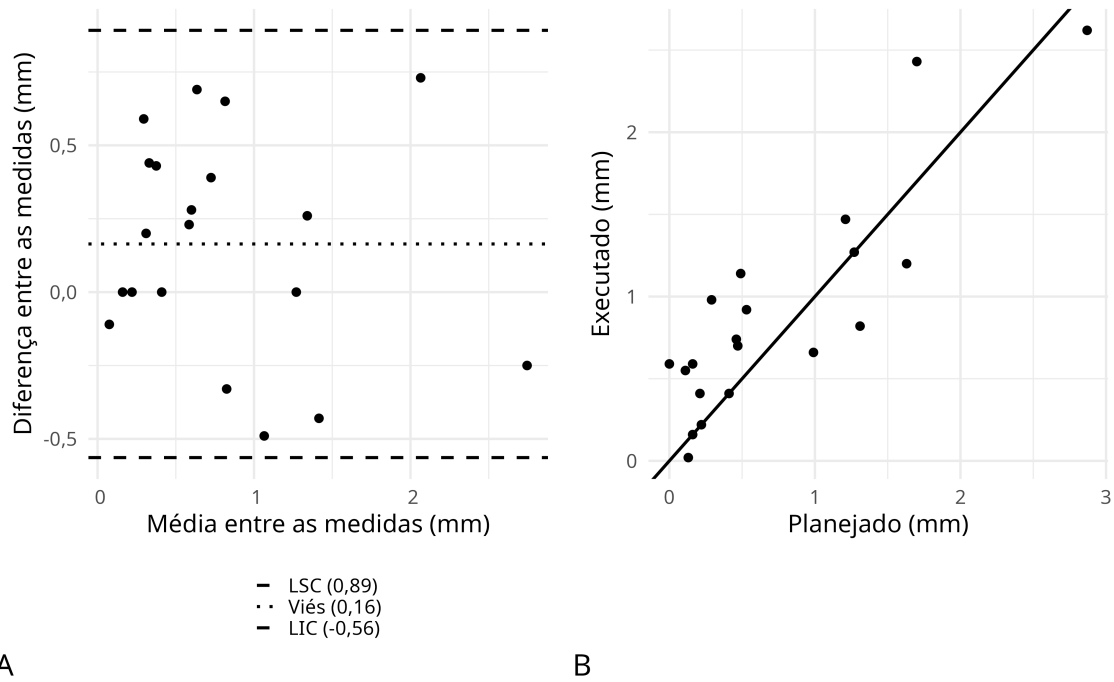


Figura 7. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Molar Esquerdo Latero-lateral. *LSC*: limite superior de concordância; *LIC*: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Molar Esquerdo Latero-lateral (mm).

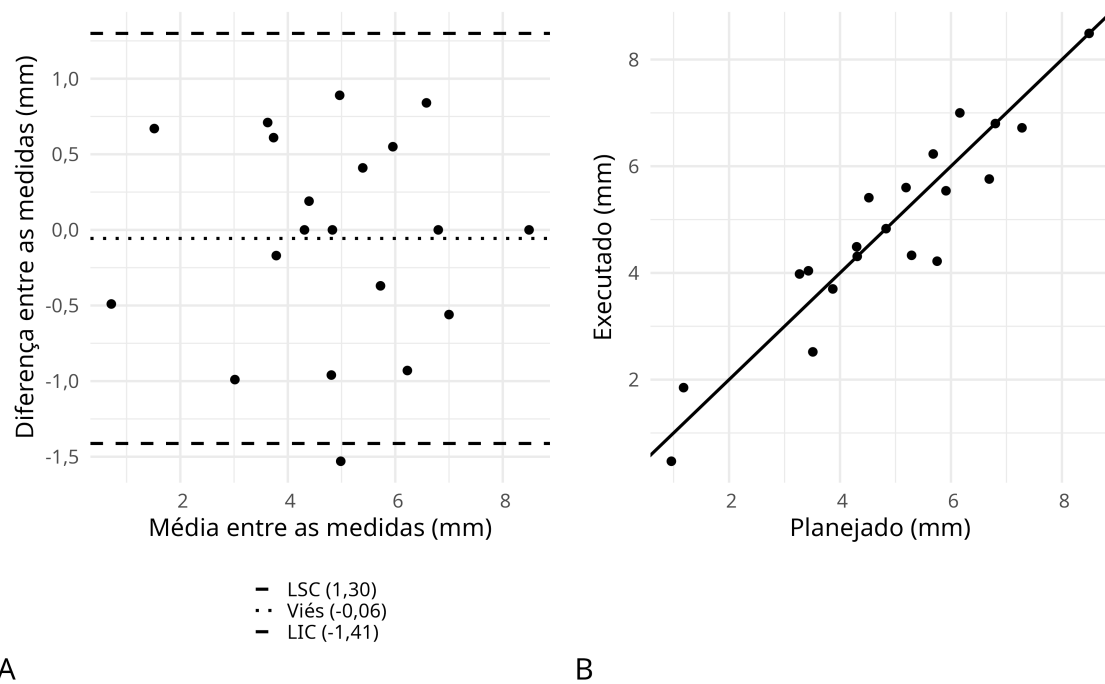


Figura 8. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Molar Esquerdo Antero-posterior. *LSC*: limite superior de concordância; *LIC*: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Molar Esquerdo Antero-posterior (mm).

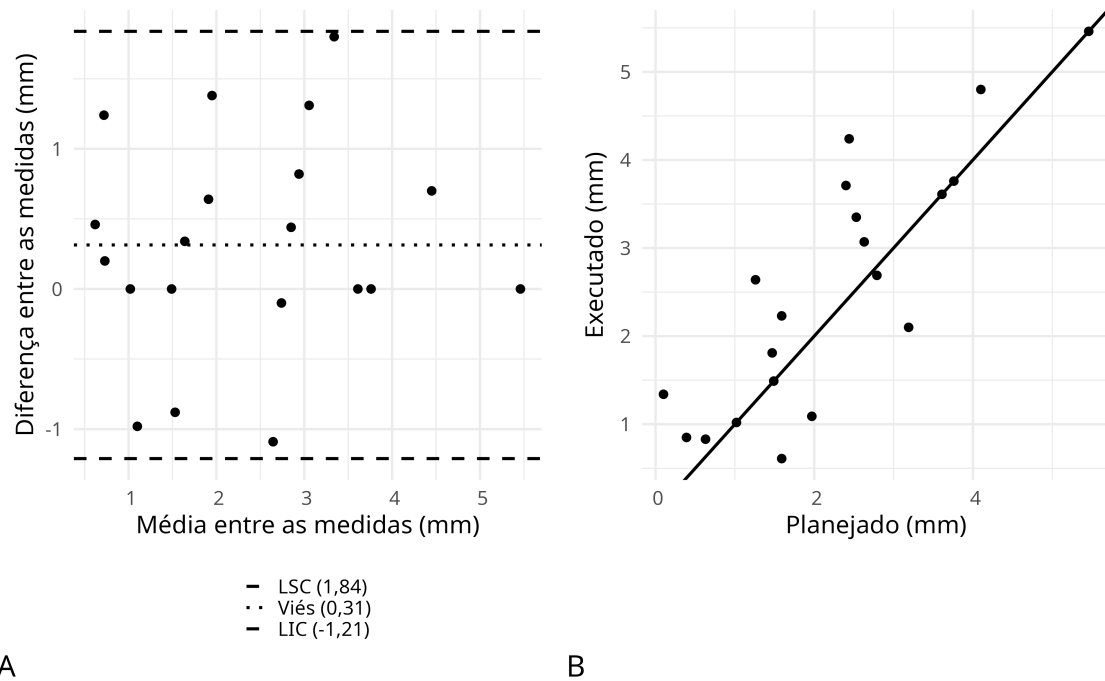
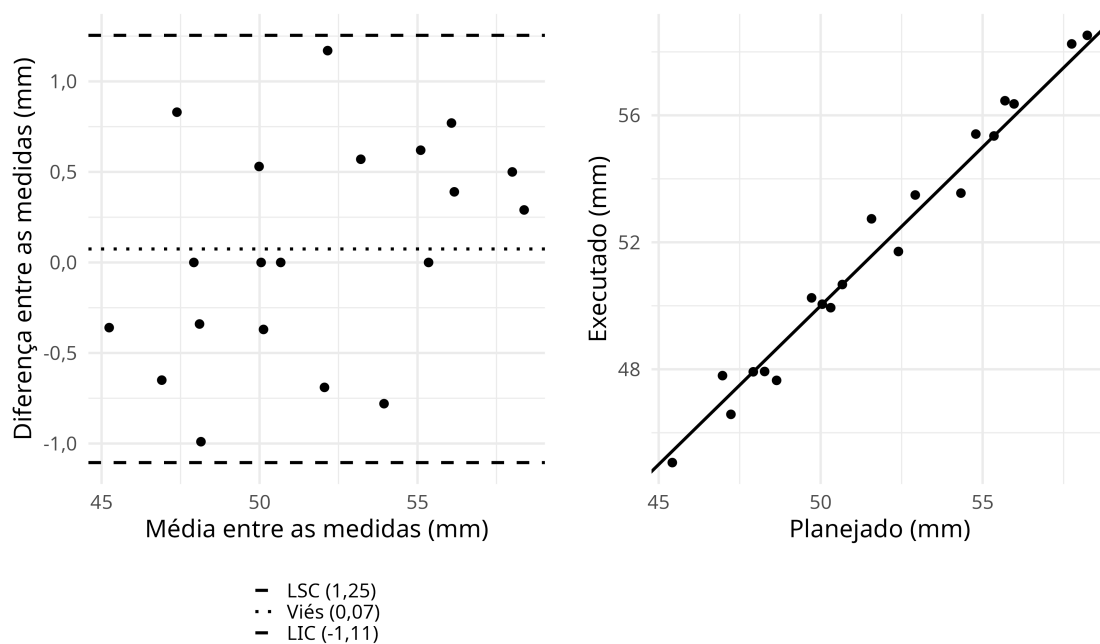


Figura 9. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado na região do Molar Esquerdo Cranial-Caudal. *LSC*: *limite superior de concordância*; *LIC*: *limite inferior de concordância*. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado na região do Molar Esquerdo Cranial-Caudal (mm).



A B

Figura 10. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado para Correção de Cant: Canino direito. *LSC*: limite superior de concordância; *LIC*: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado para Correção de Cant: Canino direito (mm).

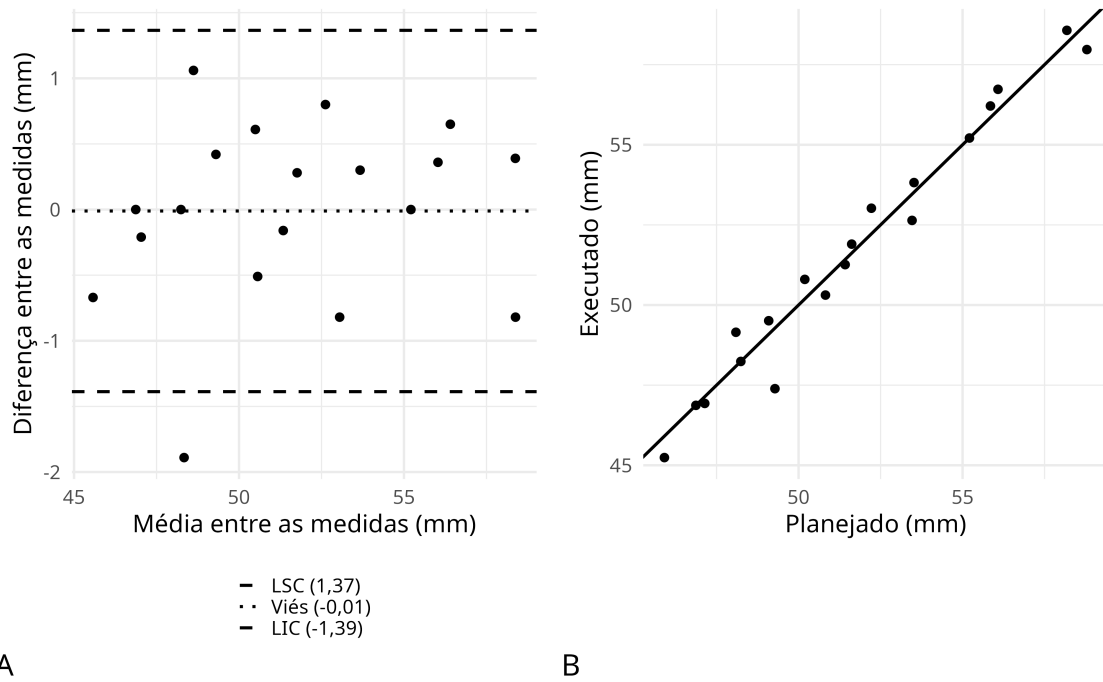


Figura 11. (A) Gráfico de Bland-Altman da análise da reprodutibilidade entre os movimentos planejado e executado para Correção de Cant: Canino esquerdo. LSC: limite superior de concordância; LIC: limite inferior de concordância. (B) Gráfico de dispersão das medidas dos movimentos planejado e executado para Correção de Cant: Canino esquerdo (mm).

7. Referências

1. ELLIS, E. Bimaxillary surgery using an intermediate splint to position the maxilla. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 57, p. 53-56, 1999.
2. ALASSERI, N.; SWENNEN, G. Minimally invasive orthognathic surgery: a systematic review. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 71, p. 389-392, 2013.
3. HERNÁNDEZ-ALFARO, F.; GUIJARRO-MARTINEZ, R. "Twist technique" for pterygomaxillary dysjunction in minimally invasive Le Fort I osteotomy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 42, p. 1547-1556, 2013.
4. GATENO, J.; XIA, J.; TEICHGRAEBER, J. F.; ROSEN, A. A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 61, p. 222-227, 2003.
5. XIA, J.; IP, H. H.; SAMMAN, N.; WANG, D.; KOT, C. S.; YEUNG, R. W., et al. Computer assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 29, p. 11-17, 2000.
6. ZILLE, D.; DIAS, L.; RANDER, A. The evolution of surgical planning in orthognathic surgery. *EC Dental Science*, v. 17, p. 1914-1919, 2018.
7. PHILIPPE, B. Custom-made prefabricated titanium miniplates in Le Fort I osteotomies: principles, procedure and clinical insights. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 42, p. 1001-1006, 2013.
8. CLAUS, J. D. P.; ALMEIDA, M. S.; HERNÁNDEZ-ALFARO, F. In-House Hybrid Technique for Customization of Guides and Miniplates in Orthognathic Surgery. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 31, p. 1122-1124, 2020.
9. HEUFELDER, M.; WILDE, F.; PIETZKA, S.; MASCHA, F.; WINTER, K.; SCHRAMM, A.; RANA, M. Clinical accuracy of waferless maxillary positioning using customized surgical guides and patient specific osteosynthesis in bimaxillary orthognathic surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 45, p. 1578-1585, 2017.
10. SWENNEN, G. R. J.; MOMMAERTS, M. Y.; ABELOOS, J., et al. A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 38, p. 48-57, 2009.

11. HERNÁNDEZ-ALFARO, F.; GUIJARRO-MARTINEZ, R. New protocol for three-dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 42, p. 1547-1556, 2013.
12. CARNEIRO Jr, J. T.; MORAES, P. H.; OLIVEIRA, D. V.; CARNEIRO, N. C. M. Custom-made titanium miniplates associated with ultrahigh-molecular-weight polyethylene graft in orthognathic surgery: an adjunct to maxillary advancement. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 76, p. 1091-1098, 2018.
13. JI, H.; DU, W.; XU, C.; ZHAO, Q.; YE, B.; LUO, E. Computer-assisted osteotomy guides and pre-bent titanium plates improve the planning for correction of facial asymmetry. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 48, p. 1043-1050, 2019.
14. BEMPT, M. V.; LIEBREGTS, J.; MAAL, T.; BERGE, S.; XI, T. Toward a higher accuracy in orthognathic surgery by using intraoperative computer navigation, 3D surgical guides, and/or customized osteosynthesis plates: a systematic review. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 46, p. 2108-2119, 2018.
15. BORTOLUZZI, M. C., et al. Cross-cultural adaptation of the orthognathic quality of life questionnaire (OQLQ) in a Brazilian sample of patients with dentofacial deformities. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 2011. PMID: 20711138.
16. SAGHAFI, H.; BENINGTON, P.; AYOUB, A. Impact of orthognathic surgery on quality of life: a comparison between orthodontics-first and surgery-first approaches.
17. AL-ASFOUR, A.; WAHEEDI, M.; KOSHY, S. Survey of patient experiences of orthognathic surgery: health-related quality of life and satisfaction. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 47, n. 6, p. 726-731, 2018. DOI: 10.1016/j.ijom.2017.12.010. Epub 2018 Jan 17. PMID: 29373200.
18. CARE Statement. <https://www.care-statement.org/checklist>.
19. KARANXHA, L.; ROSSI, D.; HAMANAKA, R.; GIANNÌ, A. B.; BAJ, A.; MOON, W.; DEL FABBRO, M.; ROMANO, M. Accuracy of splint vs splintless technique for virtually planned orthognathic surgery: A voxel-based three-dimensional analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 49, n. 1, p. 1-8, 2021. DOI: 10.1016/j.jcms.2020.11.008. Epub 2020 Nov 25. PMID: 33277160.
20. CLAUS, J. D. P.; ALMEIDA, M. S. *Cirurgia Ortognática – Showcase Book*. 1. ed. Santos Publicações, 2020.

21. HERNÁNDEZ-ALFARO, F.; BUENO, J. M.; DIAZ, A.; PAGÉS, C. M. Minimally invasive surgically assisted rapid palatal expansion with limited approach under sedation: a report of 283 consecutive cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 68, p. 2154-2158, 2010.
22. CORDIER, G.; SIGAUX, N.; IBRAHIM, B.; CRESSEAU, P. The intermediate length BSSO: Finding the balance between the classical and short designs. *Journal of Stomatology Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 121, p. 70-73, 2020.
23. KOERICH, L. D.; BURNS, D.; WEISSHEIMER, A.; CLAUS, J. D. P. Three-dimensional maxillary and mandibular regional superimposition using cone beam computed tomography: a validation study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 45, p. 662-669, 2016.
24. SWENNEN, G. Surgical efficiency and minimizing patient morbidity by using a novel surgical algorithm in orthognathic surgery. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, v. 28, p. 95-109, 2020.
25. MACEDO, D. V.; MONNAZZI, M. S.; DE ALMEIDA, M. S.; CLAUS, J. D. P. A novel guide for minimally invasive genioplasty. *Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 27, p. 707, 2023.