

Atendendo solicitação do
autor, o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a
partir de 13/12/2024



UNESP - Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luis Fernando de Oliveira Gorla

Avaliação da acurácia do planejamento virtual tridimensional e de diferentes programas dedicados à cirurgia ortognática

Araraquara

2022



UNESP - Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luis Fernando de Oliveira Gorla

Avaliação da acurácia do planejamento virtual tridimensional e de diferentes programas dedicados à cirurgia ortognática

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas, na Área de Diagnóstico e Cirurgia.

Orientadora: Profa. Dra. Marisa Aparecida Cabrini Gabrielli

Araraquara

2022

G669a Gorla, Luis Fernando
Avaliação da acurácia do planejamento virtual tridimensional e de diferentes programas dedicados à cirurgia ortognática / Luis Fernando Gorla. -- Araraquara, 2022
110 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientadora: Marisa Aparecida Gabrielli

1. Cirurgia ortognática. 2. Procedimentos cirúrgicos ortognáticos. 3. Tomografia computadorizada por Raios X. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Luis Fernando de Oliveira Gorla

Avaliação da acurácia do planejamento virtual tridimensional e de diferentes programas dedicados à cirurgia ortognática

Comissão Julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutor em Ciências Odontológicas

Presidente e orientador: Profa. Dra. Marisa Aparecida Cabrini Gabrielli

2º Examinador: Prof. Dr. Valfrido Antonio Pereira Filho

3º Examinador: Professor Dr. Marcelo Gonçalves

4º Examinador: Professor Dr. Liogi Iwaki Filho

5º Examinador: Professor Dr. Alexander Tadeu Sverzut

Araraquara, 13 de dezembro de 2022.

DADOS CURRICULARES

LUIS FERNANDO DE OLIVEIRA GORLA

NASCIMENTO	04/01/1991 – Araraquara, São Paulo, Brasil
FILIAÇÃO	Ana Paula de Oliveira Geraldo Gorla Junior
2009-2013	Graduação em Odontologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Odontologia da Araraquara.
2011-2012	Bolsista do Programa de Iniciação Científica da FAPESP, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Odontologia da Araraquara: Condutas pós-exposição a material biológico contaminado: conhecimento e sentimentos vivenciados entre cirurgiões-dentistas.
2012-2013	Bolsista do Programa de Iniciação Científica da FAPESP, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Odontologia da Araraquara: Estudo tomográfico comparativo da utilização de osso autógeno e beta-tricálcio fosfato em levantamento de seio maxilar em humanos.
2014-2015	Aperfeiçoamento em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Odontologia da Araraquara
2015-2018	Residência em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Odontologia da Araraquara (Bolsista MEC)
2019-atual	Doutorado em Diagnóstico e Cirurgia pela Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- FOAr/ UNESP.

Dedico este trabalho à Deus, por me permitir chegar até aqui

À minha esposa **Jessica Fernanda Sedenho Gorla**

À minha mãe **Ana Paula de Oliveira**

Ao meu pai **Geraldo Gorla Junior**

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo que conquistei e por tudo que conquistarei.

Aos meus pais, Geraldo Gorla Junior e Ana Paula de Oliveira, por todo o amor, educação e oportunidades que recebi na vida.

À minha esposa, Jessica Fernanda Sedenho, pelo companheirismo, cuidado e, acima de tudo, compreensão.

À minha orientadora Profa. Dra. Marisa Aparecida Cabrini Gabrielli, pela amizade, cordialidade e por toda a confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Mario Francisco Real Gabrielli, pela amizade, convivência e sábios conselhos.

Ao Prof. Dr. Valfrido Antonio Pereira Filho, pela amizade, pelos ensinamentos constantes e por todas as oportunidades acadêmicas.

Ao Prof. Dr. Eduardo Hochuli Vieira, pela amizade, por abrir as portas da especialidade e por sempre acreditar em minha capacidade.

Ao Prof. Marcelo Silva Monnazzi, pela amizade e por todo o conhecimento compartilhado.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), à Faculdade de Odontologia de Araraquara e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, por tornar possível a realização desta tese.

Ao Prof. Dr. Rubens Spin-Neto, pela disponibilidade, paciência, conhecimento, e toda ajuda que foi necessária desde o início deste trabalho.

À Suleima Ferreira, à Priscila Gentile Consolaro, à Thelma Aparecida Gonçalves e ao Antônio Medeiros Filho, pela amizade, presteza e gentileza despendidas comigo.

Aos amigos que a pós-graduação me deu: Pedro Henrique Azambuja, Guilherme dos Santos Trento, Diogo Macedo, Renato Torres Augusto Neto, Luiz Henrique Torres, Deborah Santos e José Cleveilton dos Santos pelos trabalhos realizados e, claro, pela amizade.

A todos os residentes do serviço de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial do Departamento de Diagnóstico e Cirurgia, pelo companheirismo e pelo trabalho disponibilizado para apoiar este projeto,

Ao amigo Daniel Ruiz e à Materialise, que possibilitaram o acesso ao programa Materialise Mimics 24 e 3-matic 16 (Materialise, Leuven, Bélgica).

Ao Amigo Eduardo Fiamoncini e à Nemetec, que possibilitaram o acesso ao programa NemoFAB (Nemetec, Madri, Espanha).

Ao amigo Mayton Chacon e à KLS Martin que possibilitaram o acesso ao programa IPS Case Designer (KLS Martin, Tuttlingen, Alemanha).

À A3D Tecnologia em Saúde, que possibilitou o acesso aos programas Dolphin 3D (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, USA), Mimics 24 e 3-matic 16 (Materialise, Leuven, Bélgica).

Aos pacientes, que independente de seus anseios, desafios e dificuldades, confiaram no nosso trabalho e nos ensinaram a parte mais importante desta jornada, a humanidade.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

“[...] A tarefa de viver é dura, mas fascinante. Agradeço a Deus o fato de viver. É com estas três palavras que eu danço: missão, vocação e festa. ”

Ariano Suasuna*

*Suasuna A. Entrevista. O Globo Cultura, São Paulo; ago. 2013.

Gorla LFO. Avaliação da acurácia do planejamento virtual tridimensional e de diferentes programas dedicados à cirurgia ortognática [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a acurácia do planejamento cirúrgico virtual tridimensional e a acurácia dos programas IPS Case Designer 2.2.5.2 (KLS Martin, Tuttlingen, Alemanha), NemoFAB 22.0.1 (Nemotec, Madri, Espanha) e Dolphin Imaging 3D 11.95 (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, USA) no planejamento de tecidos duros e moles de pacientes portadores de deformidades dento-esquelética-faciais. Para tanto, foram selecionados 23 pacientes submetidos a cirurgia ortognática, que realizaram tomografias pré-operatória, pós-operatória imediata e pós-operatória tardia. Os resultados obtidos na cirurgia foram mensurados e comparados com o planejado, para avaliar a acurácia posicional e rotacional da técnica de planejamento virtual 3D. Após, para assegurar a acurácia dos programas, novos planejamentos foram realizados tendo as posições pós-operatórias como referência, e os resultados mensurados foram comparados com os resultados obtidos. As discrepâncias entre o tecido mole planejado nos três programas e o tecido mole obtido no pós-operatório tardio também foram mensuradas por meio do cálculo do valor eficaz (RMS) e da porcentagem de pontos com distâncias inferiores a 2 mm entre as malhas 3D. Quanto à técnica, o planejamento virtual tridimensional mostrou-se acurado para transferência das posições e orientações, exceto para a posição sagital da maxila, com mediana de -1,57 mm (IC95m -2,80 – -0,81 mm), da mandíbula, com mediana de -1,83 mm (IC95m -2,76 – -0,62 mm), e do mento, com mediana de -3,36 mm (IC95m -5,52 – -1,13 mm) e para a posição vertical do mento, com mediana 0,72 mm (IC95m -0,37 – 2,96 mm), que superam os limites clínicos aceitáveis (<2 mm para as diferenças posicionais e <4 ° para as rotacionais). Quanto à acurácia dos programas, não houve diferença estatística entre as mensurações nestes e as mensurações reais, validando suas ferramentas de movimentação. Quanto a acurácia da previsão dos tecidos moles, a face foi separada em sub-regiões e os programas mostraram resultados dentro dos limites clínicos aceitáveis na previsão da área paranasal e nariz, mas não foram suficientemente precisos para simular lábio superior, lábio inferior e mento. Ao comparar os programas quanto à capacidade de previsão do tecido mole, não houve diferença estatística entre os programas em nenhum dos parâmetros avaliados nas diferentes sub-regiões. Podemos concluir que a técnica e os programas estudados podem ser utilizados com sucesso no tratamento de pacientes que serão submetidos à cirurgia ortognática, desde que especial atenção seja dada ao reposicionamento sagital do complexo maxilo-mandibular e que cuidados na transferência da posição do mento sejam tomados, como o uso de guias cirúrgicos específicos. Concluimos também que, frente a ausência de acurácia na previsão dos tecidos moles do terço inferior, é importante informar o paciente sobre as limitações da simulação.

Palavras chave: Cirurgia ortognática. Procedimentos cirúrgicos ortognáticos. Tomografia computadorizada por Raios X.

Gorla LFO. Assessment of the accuracy of three-dimensional virtual planning and of different applications dedicated to orthognathic surgery [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2022.

ABSTRACT

Background: The objective of this research is to assess the accuracy of three-dimensional virtual surgical planning and the accuracy of three software applications, namely IPS Case Designer 2.2.5.2 (KLS Martin, Tuttlingen, Germany), NemoFAB 22.0.1 (Nemotec, Madrid, Spain) and Dolphin Imaging 3D 11.95. (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, USA), in hard and soft tissue planning in patients with dento-skeletal deformities. In order to achieve this purpose, 23 patients with dento-skeletal-facial deformities undergoing orthognathic surgery were selected, who underwent preoperative, immediate postoperative and late postoperative CT scans. The results obtained in the surgery were measured and compared with the planning to evaluate the positional and rotational accuracy of the three-dimensional virtual planning technique. Afterwards, to ensure the accuracy of the applications, new planning was carried out with the postoperative positions as a reference, and the measured results were compared with the actual results. Discrepancies between the soft tissue planned in the three applications and the soft tissue obtained in the late postoperative period were also measured by calculating the root mean square value and the percentage of three-dimensional points with distances of less than 2 mm. With respect to the technique, the 3D virtual planning proved to be accurate for transferring positions and orientations, except for the sagittal position of the maxilla, with a median of -1.57 mm (CI95m -2.80 – -0.81 mm), of the mandible, with a median of -1.83 mm (CI95m -2.76 – -0.62 mm), and of the chin, with a median of -3.36 mm (CI95m -5.52 – -1.130 mm) and for the vertical position of the chin, with a median of 0.72 mm (CI95m -0.37 – 2.96 mm), which exceed the acceptable clinical limits (<2 mm for positional differences and <4° for rotational differences). In relation to the accuracy of the applications, there was no statistical difference between their measurements and actual measurements. About the accuracy of soft tissue prediction, the face was separated into subregions and the applications showed results within acceptable clinical limits in the prediction of the paranasal area and nose, although they were not accurate enough to simulate upper lips, lower lips and chin. When comparing them, there was no statistical difference between the applications in any of the parameters evaluated in the different sub-regions. It has been concluded that the technique and applications studied can be successfully used in the treatment of patients who need to undergo orthognathic surgery, provided that special attention is paid to the sagittal repositioning of the maxillomandibular complex and that caution is taken in transferring the position of the chin, namely the use of specific surgical guides. It has also been concluded that the applications provide a limited prediction of the soft tissues of the lower third, and it is important to inform patients about the limitations of the simulation.

Keywords: Orthognathic surgery. Orthognathic surgical procedures. Tomography, X-Ray computed.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 PROPOSIÇÃO	13
2.1 Objetivos Específicos.....	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Acurácia do Planejamento Cirurgico Virtual	14
3.2 Acurácia da Previsão dos Tecidos Moles.....	16
4 MATERIAL E MÉTODO	21
4.1 Comitê de Ética	21
4.2 Amostra	21
4.3 Critérios de Inclusão e Exclusão.....	21
4.4 Aquisição das Tomografias Computadorizadas.....	22
4.5 Obtenção da Representação Digital das Arcadas Dentárias....	22
4.6 Mensuração das Movimentações Reais.....	23
4.6.1 Importação dos arquivos DICOM, reorientação das tomografias pré-operatórias, planejamento virtual inicial e obtenção dos guias cirúrgicos.....	23
4.6.2 Sobreposição dos volumes tomográficos T0 e T1.....	23
4.6.3 Obtenção dos arquivos de estereolitografia (STL) correspondentes ao crânio pré-operatório.....	24
4.6.4 Segmentação dos arquivos de estereolitografia (STL) correspondentes ao crânio pré-operatório.....	25
4.6.5 Obtenção dos arquivos de estereolitografia (STL) correspondentes aos segmentos ósseos pré-operatórios..	26
4.6.6 Obtenção dos arquivos de estereolitografia (STL) correspondentes ao crânio pós-operatório.....	27
4.6.7 Segmentação dos arquivos de estereolitografia (STL) correspondentes ao crânio pós-operatório.....	28
4.6.8 Obtenção dos arquivos de estereolitografia (STL) correspondentes aos segmentos ósseos pós-operatórios	29
4.6.9 Rotação virtual da mandíbula no pós-operatório imediato ...	30
4.6.10 Mensuração das movimentações reais.....	31
4.7 Acurácia Posicional e Rotacional do Planejamento Virtual Tridimensional	36
4.7.1 Obtenção dos arquivos de estereolitografia (STL) dos segmentos ósseos em posição planejada antes da cirurgia.....	36

4.7.2 Mensuração das diferenças entre o planejamento e o conquistado	37
4.8 Acurácia dos Programas de Planejamento, Por Meio da Validação das Ferramentas de Movimentação e Mensuração dos Segmentos Ósseos.....	41
4.8.1 Obtenção e segmentação do crânio composto.....	41
4.8.2 Movimentação dos segmentos.....	44
4.8.3 Acurácia dos programas de planejamento quanto aos tecidos duros.....	47
4.9 Acurácia da Previsão dos Tecidos Moles.....	48
4.9.1 Sobreposição dos volumes tomográficos pré-operatório (T0) e pós-operatório tardio (T2).....	48
4.9.2 Comparação das superfícies tridimensionais de tecido mole.....	49
4.9.3 Segmentação do tecido mole	52
4.9.4 Acurácia da previsão do tecido mole	54
4.10 Análise dos Resultados	55
5 RESULTADOS	56
5.1 Amostra	56
5.2 Mensuração das Movimentações Reais.....	57
5.3 Acurácia do Planejamento Cirúrgico Virtual	60
5.3.1 Acurácia do planejamento cirúrgico virtual da maxila frente ao segmento de início da cirurgia (maxila ou mandíbula) ...	72
5.3.2 Acurácia do planejamento cirúrgico virtual do mento frente à utilização, ou não, de guias cirúrgicos para mentoplastia	73
5.4 Acurácia dos Programas de Planejamento, Por Meio da Validação das Ferramentas de Movimentação e Mensuração dos Segmentos Ósseos.....	75
5.5 Acurácia da Previsão dos Tecidos Moles.....	82
6 DISCUSSÃO	87
7 CONCLUSÕES	98
REFERÊNCIAS	99
ANEXO A.....	107

1 INTRODUÇÃO

A correção cirúrgica das deformidades dentofaciais por meio de tratamento cirúrgico provoca grandes mudanças nos aspectos cosméticos e funcionais da face¹. O sucesso depende não apenas das técnicas cirúrgicas empregadas, mas também da precisão do diagnóstico e planejamento dos procedimentos a serem realizados².

Quando o diagnóstico e o planejamento são adequados e precisos, permitem prever os resultados, facilitando a comunicação entre o profissional e o paciente acerca das possibilidades de tratamento e a condução das expectativas³.

No passado, o plano de tratamento em cirurgia ortognática foi realizado por meio de traçados cefalométricos manuais em telediografias laterais, frontais e panorâmicas, com o uso de relações bem estabelecidas entre tecidos duros e moles da face para a previsão dos resultados⁴. Para a simulação da cirurgia, são utilizados modelos de gesso, montados em um articulador semi-ajustável, e submetidos a cortes, simulando osteotomias e movimentações dos segmentos, mensuradas por meio de uma plataforma de medição.

Este método convencional, muito embora satisfatório, possui limitações por necessitar de várias etapas e por se tratar de um processo manual com maiores chances de viés. A teleradiografia lateral de face utilizada no processo é uma imagem bidimensional de um objeto tridimensional, o que resulta invariavelmente em sobreposições e distorções que podem dificultar o planejamento de forma adequada. Os movimentos dos segmentos são realizados manualmente, tornando-os menos precisos. Os cortes nos modelos de gesso não simulam de maneira fiel as osteotomias realizadas na cirurgia, o que impossibilita a previsão da relação dos segmentos movimentados com o restante do complexo maxilo-facial e limita as previsões à meras estimativas⁵. A montagem do articulador semi-ajustável obedecendo vários passos, bem como a tomada do arco facial também podem produzir distorções importantes⁶. A somatória dessas imprecisões nas várias etapas do processo, podem resultar em erros importantes⁷.

O advento das imagens tridimensionais e os avanços tecnológicos na área resultaram em uma série de novas ferramentas computadorizadas para uso no planejamento das cirurgias ortognáticas⁸, representando novos horizontes para o tratamento dos pacientes com deformidades dentofaciais. Em 2003, Gateno e

colaboradores² introduziram o conceito do “crânio composto”, que combina impressões físicas com tomografias computadorizadas para possibilitar o planejamento cirúrgico em ambiente virtual. Desde então, diversos programas para planejamento cirúrgico foram desenvolvidos e aprimorados. O planejamento assistido por computador, bem como a fabricação do guia cirúrgico, com base no planejamento tridimensional (3D), vem sendo cada vez mais utilizado em relação ao modelo tradicional⁹.

A técnica de planejamento virtual tridimensional elimina diversos passos, além de oferecer resultados mais precisos. Como vantagens, não há necessidade de traçados de previsão, aquisição do arco facial ou montagem dos modelos em articulador¹⁰. No planejamento virtual tridimensional, os movimentos cirúrgicos são realizados por meio de ferramentas de programa computacional, e as osteotomias simuladas são mais fiéis às osteotomias reais, o que possibilita prever, mais facilmente, a relação entre os diversos segmentos ósseos¹¹.

Outro importante recurso disponível nos programas de planejamento tridimensional é a capacidade de simular a resposta dos tecidos moles nos diferentes movimentos cirúrgicos planejados, oferecendo mais recursos para decisão sobre o melhor plano de tratamento e ao mesmo tempo permitindo mostrar a simulação cirúrgica e estimativa do resultado para o paciente¹².

Para assegurar a acurácia dos resultados obtidos pelo método virtual tridimensional, é essencial que sejam realizados estudos que comparam o planejamento inicial com os resultados pós-cirúrgicos¹³. Além disso, no mercado, existem diversas opções de programas para o planejamento cirúrgico virtual, nos quais são obtidos excelentes resultados, conforme descrito nos trabalhos científicos⁵⁻¹³. Entretanto, não existem estudos suficientes para definir qual programa computacional produz resultados mais satisfatórios, sendo interessante e necessário avaliá-los comparativamente quanto à acurácia das movimentações dos segmentos ósseos bem como quanto às previsões dos tecidos moles da face.

7 CONCLUSÕES

Os erros clinicamente relevantes foram reportados na posição sagital dos segmentos, tendo como causa provável as dificuldades transcirúrgicas para reposicionamento dos côndilos mandibulares. Logo, estudos de técnicas para aprimorar o posicionamento do segmento proximal durante as cirurgias ortognáticas são necessários.

Vale destacar também a falta de acurácia posicional do mento e que o desenvolvimento e a utilização de guias cirúrgicos para transferência da posição planejada podem melhorar os resultados.

Quanto aos programas de planejamento avaliados, é importante frisar que a falta de acurácia para o terço inferior da face (lábio superior, inferior e mento) exige que os algoritmos e metodologias para a obtenção da previsão dos tecidos moles continuem sendo estudados e aprimorados.

REFERÊNCIAS*

1. Bagheri SC, Jo C. Orthognathic surgery. *In*: Bagheri SC. Clinical review of oral and maxillofacial surgery. 2nd. ed. Mosby: Elsevier; 2014.p. 293-332.
2. Gateno J, Xia J, Teichgraeber J, Rosen A: A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003; 61(2): 222-7.
3. Loh S, Heng JK, Ward-Booth P, Winchester L. A radiographic analysis of computer prediction in conjunction with orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2001; 30(4): 259–63.
4. Moragas JSM, Van Cauteren W, Mommaerts MY. A systematic review on soft-to-hard tissue ratios in orthognathic surgery part I: maxillary repositioning osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014; 42(7): 1341–51.
5. Tucker S, Cevidanes LH, Styner M, Kim H, Reyes M, Proffit W et al. Comparison of actual surgical outcomes and 3-dimensional surgical simulations. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 68(10): 2412-21.
6. Jones RM, Khambay BS, McHugh S, Ayoub AF. The validity of a computer-assisted simulation system for orthognathic surgery (CASSOS) for planning the surgical correction of class III skeletal deformities: single-jaw versus bimaxillary surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007; 36(10): 900–8.
7. Barbenel JC, Paul PE, Khambay BS, Walker FS, Moos KF, Ayoub AF. Errors in orthognathic surgery planning: the effect of inaccurate study model orientation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010; 39(11): 1103–8.
8. Aboul-Hosn Centenero S, Hernandez-Alfaro F. 3D planning in orthognathic surgery: CAD/CAM surgical splints and prediction of the soft and hard tissues results: our experience in 16 cases. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012; 40(2):162-8.
9. Gaber RM, Shaheen E, Falter B, Araya S, Politis C, Swennen GRJ et al. A systematic review to uncover a universal protocol for accuracy assessment of 3-dimensional virtually planned orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 75(11): 2430-40.
10. Kwon TG, Choi JW, Kyung HM, Park HS. Accuracy of maxillary repositioning in two-jaw surgery with conventional articulator model surgery versus virtual model surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2014; 43(6) :732–8.
11. Ritto FG, Schmitt ARM, Pimentel T, Canellas JV, Medeiros PJ. Comparison of the accuracy of maxillary position between conventional model surgery and virtual surgical planning. *Int. J. Oral Maxillofac Surg.* 2018; 47(2): 160–6.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

12. Elshebiny T, Morcos S, Mohammad A, Quereshy F, Valiathan M. Accuracy of ThreeDimensional Soft Tissue Prediction in Non-Syndromic Orthognathic Cases Using Dolphin 3D *Software*. *Journal Craniofac Surg*. 2019; 30(2): 525-8.
13. Shaheen E, Shujaat S, Saeed T, Jacobs R, Politis C. Three-dimensional planning accuracy and follow-up protocol in orthognathic surgery: a validation study. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg*. 2019; 48(1): 71–6.
14. Gateno J, Xia J, Teichgraeber JF, Rosen A, Hultgren B, Vadnais T. The precision of computer-generated surgical splints. *J Oral Maxillofac Surg*. 2003; 61(7): 814-7.
15. Zinser MJ, Mischkowski RA, Sailer HF, Zöller JE. Computer-assisted orthognathic surgery: feasibility study using multiple CAD/CAM surgical splints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012; 113(5): 673-87.
16. Li B, Zhang L, Sun H, Yuan J, Shen SG, Wang X. A novel method of computer aided orthognathic surgery using individual CAD/CAM templates: a combination of osteotomy and repositioning guides. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2013; 51(8): e239-44.
17. Zavattero E, Romano M, Gerbino G, Rossi DS, Gianni AB, Ramieri G, Baj A. Evaluation of the Accuracy of Virtual Planning in Orthognathic Surgery: A Morphometric Study. *J Craniofac Surg*. 2019; 30(4): 1214-20.
18. Wilson A, Gabrick K, Wu R, Madari S, Sawh-Martinez R, Steinbacher D. Conformity of the Actual to the Planned Result in Orthognathic Surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2019; 144(1): 89e-97e.
19. Kim JW, Kim JC, Jeong CG, Cheon KJ, Cho SW, Park IY, Yang BE. The accuracy and stability of the maxillary position after orthognathic surgery using a novel computer-aided surgical simulation system. *BMC Oral Health*. 2019; 19(1):18.
20. Schneider D, Kämmerer PW, Hennig M, Schön G, Thiem DGE, Bschorer R. Customized virtual surgical planning in bimaxillary orthognathic surgery: a prospective randomized trial. *Clin Oral Investig*. 2019; 23(7): 3115-3122.
21. Hong M, Kim MJ, Shin HJ, Cho HJ, Baek SH. Three-dimensional surgical accuracy between virtually planned and actual surgical movements of the maxilla in two-jaw orthognathic surgery. *Korean J Orthod*. 2020; 50(5): 293-303.
22. Nam IH, Ma YH, Jaiswal MS, Hwang JM, Hwang DS. Accuracy of Maxillary Positioning During Orthognathic Surgery: A Comparison of Web-based 3-Dimensional Virtual Surgical Planning and Actual Outcomes. *J Craniofac Surg*. 2022; 0(0): 0. Epub ahead of print. PMID: 36100976.
23. Lee KJC, Tan SL, Tan DBP, Yong CW, Chew MT. Accuracy Of a Digital Workflow for Bimaxillary Orthognathic Surgery: Comparison of Planned and Actual Outcomes. *Int J Comput Dent*. 2022; 0(0): 0. doi: 10.3290/j.ijcd.b2599749. Epub ahead of print. PMID: 35072418.
24. Lin X, Li B, Wang X, Shen SGF. Accuracy of maxillary repositioning by computer-aided orthognathic surgery in patients with normal temporomandibular joints. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2017; 55(5): 504-9.

25. Borba AM, José da Silva E, Fernandes da Silva AL, Han MD, da Graça Naclério-Homem M, Miloro M. Accuracy of Orthognathic Surgical Outcomes Using 2- and 3-Dimensional Landmarks - The Case for Apples and Oranges? *J Oral Maxillofac Surg.* 2018; 76(8): 1746-52.
26. Bengtsson M, Wall G, Miranda-Burgos P, Rasmusson L. Treatment outcome in orthognathic surgery - A prospective comparison of accuracy in computer assisted two and three-dimensional prediction techniques. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018; 46(11): 1867-74.
27. De riu G, Viridis PI, Meloni SM, Lumbau A, Vaira LA. Accuracy of computer-assisted orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2018; 46(2): 293-8.
28. Marlière DA, Demétrio MS, Schmitt AR, Lovisi CB, Asprino L, Chaves-Netto HD. Accuracy between virtual surgical planning and actual outcomes in orthognathic surgery by iterative closest point algorithm and color maps: A retrospective cohort study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2019; 24(2): e243-53.
29. Yamaguchi Y, Yamauchi K, Suzuki H, Saito S, Nogami S, Takahashi T. The Accuracy of Maxillary Position Using a Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing Intermediate Splint Derived Via Surgical Simulation in Bimaxillary Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg.* 2020; 31(4): 976-9.
30. Chu Y, Ye B, Wu Q, Wang Y, Wang P, Li J. The accuracy of virtual surgical planning in segmental Le Fort I surgery: A comparison of planned and actual outcome. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2022; 75(8): 2719-26.
31. Ko EW, Lin CH, Chen YA, Chen YR. Enhanced Surgical Outcomes in Patients With Skeletal Class III Facial Asymmetry by 3-Dimensional Surgical Simulation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2018; 76(5): 1073-83.
32. Shehab MF, Barakat AA, AbdElghany K, Mostafa Y, Baur DA. A novel design of a computer-generated splint for vertical repositioning of the maxilla after Le Fort I osteotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 115(2): e16-25.
33. Sun Y, Luebbbers HT, Agbaje JO, Schepers S, Vrielinck L, Lambrichts I, Politis C. Accuracy of upper jaw positioning with intermediate splint fabrication after virtual planning in bimaxillary orthognathic surgery. *J Craniofac Surg.* 2013; 24(6): 1871-6
34. Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martínez 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(12): 1547-56.
35. Ritto FG, Schmitt ARM, Pimentel T, Canellas JV, Medeiros PJ. Comparison of the accuracy of maxillary position between conventional model surgery and virtual surgical planning. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018; 47(2): 160-166.
36. Kim CS, Lee H. Comparison of actual amount of movement with surgical treatment objective in the orthognathic maxillary repositioning. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022; 123(3): e85-9.

37. Otranto de Britto Teixeira A, Almeida MAO, Almeida RCDC, Maués CP, Pimentel T, Ribeiro DPB et al. Three-dimensional accuracy of virtual planning in orthognathic surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020; 158(5): 674-83.
38. Alqussair A, Baek SH, Kim TS, Ha SH, Choi JY. Surgical accuracy of positioning the maxilla in patients with Skeletal Class II Malocclusion Using Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing-Assisted Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg.* 2022; 33(5): 1479-83.
39. Hsu SS, Gateno J, Bell RB, Hirsch DL, Markiewicz MR, Teichgraeber JF et al. Accuracy of a computer-aided surgical simulation protocol for orthognathic surgery: a prospective multicenter study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013; 71(1): 128-42.
40. Stokbro K, Aagaard E, Torkov P, Bell RB, Thygesen T. Surgical accuracy of three-dimensional virtual planning: a pilot study of bimaxillary orthognathic procedures including maxillary segmentation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016; 45(1): 8-18.
41. Zhang N, Liu S, Hu Z, Hu J, Zhu S, Li Y. Accuracy of virtual surgical planning in two-jaw orthognathic surgery: comparison of planned and actual results. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016; 122(2): 143-51.
42. Baan F, Liebrechts J, Xi T, Schreurs R, de Koning M, Bergé S et al. A New 3D Tool for Assessing the Accuracy of Bimaxillary Surgery: The OrthoGnathicAnalyser. *PLoS One.* 2016;11(2): e0149625.
43. Tran NH, Tantidhnazet S, Raucharernporn S, Kiattavornchareon S, Pairuchvej V, Wongsirichat N. Accuracy of Three-Dimensional Planning in Surgery-First Orthognathic Surgery: Planning Versus Outcome. *J Clin Med Res.* 2018; 10(5): 429-36.
44. Tonin RH, Iwaki Filho L, Yamashita AL, Ferraz FWDS, Tolentino ES, Previdelli ITDS et al. Accuracy of 3D virtual surgical planning for maxillary positioning and orientation in orthognathic surgery. *Orthod Craniofac Res.* 2020; 23(2): 229-36.
45. Kim H, Jurgens P, Nolte LP, Reyes M. Anatomically-driven soft-tissue simulation strategy for cranio-maxillofacial surgery using facial muscle template model. *Med Image Comput Comput Assist Interv.* 2010; 13(Pt 1): 61-8.
46. Resnick CM, Dang RR, Glick SJ, Padwa BL. Accuracy of three-dimensional soft tissue prediction for Le Fort I osteotomy using Dolphin 3D *software*: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2017; 46(3):289–95.
47. Kim D, Kuang T, Rodrigues YL, Gateno J, Shen SGF, Wang X et al. A New Approach of Predicting Facial Changes following Orthognathic Surgery using Realistic Lip Sliding Effect. *Med Image Comput Comput Assist Interv.* 2019;11768: 336-44.
48. Alcañiz P, Pérez J, Gutiérrez A, Barreiro H, Villalobos Á, Miraut D et al. Soft-Tissue Simulation for Computational Planning of Orthognathic Surgery. *J Pers Med.* 2021; 11(10): 982.
49. Kim D, Kuang T, Rodrigues YL, Gateno J, Shen SGF, Wang X et al. A novel incremental simulation of facial changes following orthognathic surgery using FEM with realistic lip sliding effect. *Med Image Anal.* 2021; 72: 102095.

50. Ma L, Xiao D, Kim D, Lian C, Kuang T, Liu Q et al. Simulation of Postoperative Facial Appearances via Geometric Deep Learning for Efficient Orthognathic Surgical Planning. *IEEE Trans Med Imaging*. 2022; 3(0): 00. Epub ahead of print. PMID: 35657829.
51. Elshebiny T, Morcos S, Mohammad A, Quereshy F, Valiathan M. Accuracy of Three-Dimensional Soft Tissue Prediction in Orthognathic Cases Using Dolphin Three-Dimensional Software. *J Craniofac Surg*. 2019; 30(2): 525-8.
52. Cunha HS, da Costa Moraes CA, de Faria Valle Dornelles R, da Rosa ELS. Accuracy of three-dimensional virtual simulation of the soft tissues of the face in OrtogOnBlender for correction of class II dentofacial deformities: an uncontrolled experimental case-series study. *Oral Maxillofac Surg*. 2021; 25(3): 319-35.
53. Yamashita AL, Iwaki Filho L, Ferraz FWDS, Ramos AL, Previdelli ITDS, Pereira OCN et al. Accuracy of three-dimensional soft tissue profile prediction in orthognathic surgery. *Oral Maxillofac Surg*. 2022; 26(2): 271-9.
54. Modabber A, Baron T, Peters F, Kniha K, Danesh G, Hölzle F et al. Comparison of soft tissue simulations between two planning software programs for orthognathic surgery. *Sci Rep*. 2022 Mar 23; 12(1): 5013.
55. Demirsoy KK, Kurt G. Accuracy of 3 Soft Tissue Prediction Methods After Double-Jaw Orthognathic Surgery in Class III Patients. *Ann Plast Surg*. 2022 Mar 1;88(3):323-9.
56. Terzic A, Combescure C, Scolozzi P. Accuracy of computational soft tissue predictions in orthognathic surgery from three-dimensional photographs 6 months after completion of surgery: a preliminary study of 13 patients. *Aesthetic Plast Surg*. 2014; 38(1): 184-91.
57. Ullah R, Turner PJ, Khambay BS. Accuracy of three-dimensional soft tissue predictions in orthognathic surgery after Le Fort I advancement osteotomies. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2015; 53(2): 153-7.
58. Liebregts J, Xi T, Timmermans M, de Koning M, Bergé S, Hoppenreijts T et al. Accuracy of three-dimensional soft tissue simulation in bimaxillary osteotomies. *J Craniomaxillofac Surg*. 2015; 43(3): 329-35.
59. Khambay B, Ullah R. Current methods of assessing the accuracy of three-dimensional soft tissue predictions: technical and clinical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015; 44(1): 132-8.
60. Mundluru T, Almkhtar A, Ju X, Ayoub A. The accuracy of three-dimensional prediction of soft tissue changes following the surgical correction of facial asymmetry: An innovative concept. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017; 46(11): 1517-24.
61. Knoops PGM, Borghi A, Breakey RWF, Ong J, Jeelani NUO, Bruun R et al. Three-dimensional soft tissue prediction in orthognathic surgery: a clinical comparison of Dolphin, ProPlan CMF, and probabilistic finite element modelling. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2019; 48(4): 511-8.

62. Ter Horst R, van Weert H, Loonen T, Bergé S, Vinayahalingam S, Baan F et al. Three-dimensional virtual planning in mandibular advancement surgery: Soft tissue prediction based on deep learning. *J Craniomaxillofac Surg.* 2021; 49(9): 775-82.
63. Lee KJC, Tan SL, Low HYA, Chen LJ, Yong CW, Chew MT. Accuracy of 3-dimensional soft tissue prediction for orthognathic surgery in a Chinese population. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022; 123(5): 551-555.
64. Awad D, Reinert S, Kluba S. Accuracy of Three-Dimensional Soft-Tissue Prediction Considering the Facial Aesthetic Units Using a Virtual Planning System in Orthognathic Surgery. *J Pers Med.* 2022; 12(9): 1379.
65. Hou L, He Y, Yi B, Wang X, Liu X, Zhang Y et al. Evaluation of soft tissue prediction accuracy for orthognathic surgery with skeletal class III malocclusion using maxillofacial regional aesthetic units. *Clin Oral Investig.* 2022; 0(0): 0. Epub ahead of print. PMID: 36161529.
66. Melhem-Elias F, Reis BAQ, Afonso FAC, Barretto MDA, Deboni MCZ. An innovative universal protocol for orthognathic surgery three-dimensional virtual simulation. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2022; S0901-5027(22): 00358-7. Epub ahead of print. PMID: 36115779.
67. Almukhtar A, Ju X, Khambay B, McDonald J, Ayoub A. Comparison of the accuracy of voxel based registration and surface based registration for 3D assessment of surgical change following orthognathic surgery. *PLoS One* 2014; 9(4): e93402.
68. Han MD, Graca S, Kwon TG, Borba AM, Antonini F, Miloro M. What do we know beyond reliability in voxel-based registration? validation of the accuracy of regional voxel-based registration (r-vbr) techniques for orthognathic surgery analysis. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022; 80(2): 296-302.
69. Weissheimer A., Menezes L. M., Koerich L., Pham J., Cevidanés L. H. S.: Fast three-dimensional superimposition of cone beam computed tomography for orthopaedics and orthognathic surgery evaluation. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2015
70. Stokbro K, Thygesen T. A 3-dimensional approach for analysis in orthognathic surgery using free *software* for voxel-based alignment and semiautomatic measurement. *J Oral Maxillofac Surg.* 2018; 76(6): 1316–26.
71. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016; 15(2): 155–63.
72. Xia JJ, Gateno J, Teichgraeber JF, Christensen AM, Lasky RE, Lemoine JJ, et al. Accuracy of the computer-aided surgical simulation (CASS) system in the treatment of patients with complex craniomaxillofacial deformity: a pilot study. *J Oral Maxillofac Surg* 2007; 65(2): 248–54.
73. Baan F, Sabelis JF, Schreurs R, Van de Steeg G, Xi T, Van Riet TCT et al. Validation of the OrthoGnathicAnalyser 2.0-3D accuracy assessment tool for bimaxillary surgery and genioplasty. *PLoS One.* 2021; 16(1): e0246196.

74. Kraeima J, Schepers RH, Spijkervet FKL, Maal TJJ, Baan F, Witjes MJH et al. Splintless surgery using patient-specific osteosynthesis in Le Fort I osteotomies: a randomized controlled multi-centre trial. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2020; (4): 454-60.
75. Matsushita K. The mandible is further retruded under general anesthesia: the latent concept for a favorable outcome in sagittal split ramus osteotomy. *J Maxillofac Oral Surg* 2019; 18(4): 643–7.
76. Choi JY, Choi JP, Baek SH. Surgical accuracy of maxillary repositioning according to type of surgical movement in two-jaw surgery. *Angle Orthod*. 2009; 79(2): 306-11.
77. Shirota T, Shiogama S, Asama Y, Tanaka M, Kurihara Y, Ogura H et al. CAD/CAM splint and surgical navigation allows accurate maxillary segment positioning in Le Fort I osteotomy. *Heliyon*. 2019; 5(7): e02123.
78. Tomomatsu N, Kurohara K, Nakakuki K, Yoshitake H, Kanemaru T, Yamaguchi S et al. Influence of the anatomical form of the posterior maxilla on the reliability of superior maxillary repositioning by Le Fort I osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2019; 48(5): 612-19.
79. Li B, Wei H, Jiang T, Qian Y, Zhang T, Yu H et al. Randomized Clinical Trial of the Accuracy of Patient-Specific Implants versus CAD/CAM Splints in Orthognathic Surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2021; 148(5): 1101-10.
80. Badiali G, Bevini M, Lunari O, Lovero E, Ruggiero F, Bolognesi F et al. PSI-Guided Mandible-First Orthognathic Surgery: Maxillo-Mandibular Position Accuracy and Vertical Dimension Adjustability. *J Pers Med*. 2021; 11(11):1237.
81. Chen H, Jiang N, Bi R, Liu Y, Li Y, Zhao W et al. Comparison of the Accuracy of Maxillary Repositioning Between Using Splints and Templates in 2-Jaw Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2022; 80(8): 1331-39.
82. Li B, Wei H, Zeng F, Li J, Xia JJ, Wang X. Application of A Novel Three-dimensional Printing Genioplasty Template System and Its Clinical Validation: A Control Study. *Sci Rep*. 2017; 7(1): 5431.
83. Dai J, Dong Y, Xin P, Hu G, Xiao C, Shen S, et al. A novel method to determine the potential rotational axis of the mandible during virtual three-dimensional orthognathic surgery. *J Craniofac Surg* 2013; 24(6): 2014-7.
84. Stokbro K, Liebregts J, Baan F, Bell RB, Maal T, Thygesen T et al. Does Mandible-First Sequencing Increase Maxillary Surgical Accuracy in Bimaxillary Procedures? *J Oral Maxillofac Surg*. 2019; 77(9):1882-93
85. Borikanphanitphaisan T, Lin CH, Chen YA, Ko EW. Accuracy of Mandible-First versus Maxilla-First Approach and of Thick versus Thin Splints for Skeletal Position after Two-Jaw Orthognathic Surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2021;147(2): 421-431.
86. Salmen FS, de Oliveira TFM, Gabrielli MAC, Pereira Filho VA, Real Gabrielli MF. Sequencing of bimaxillary surgery in the correction of vertical maxillary excess: retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2018; 47(6):708-14.

87. Jamali AA, Deuel C, Perreira A, Salgado CJ, Hunter JC, Strong EB. Linear and angular measurements of computer-generated models: are they accurate, valid, and reliable? *Computer Aided Surgery*. 2007; 12(5): 278-85
88. Fiamoncini, E. Metodologia para previsão do tecido mole [mensagem pessoal]. Recebida por: Fernando Gorla +5516997520373 [2022 11 07].
89. Jie Y, Lin G, Yu-Kun L, Paul LR, Shihong X, Biharmonic deformation transfer with automatic key point selection. *Graphical Models*. 2018; 98: 1-13
90. Jacobson A, Baran, I; Popovic J, Sorkine O. Bounded biharmonic weights for real-time deformation. *ACM Trans. Graph*. 2011; 30(4): 78.
91. Mollemans W, Schutyser F, Nadjmi N, Maes F, Suetens P. Predicting soft tissue deformations for a maxillofacial surgery planning system: From computational strategies to a complete clinical validation. *Med. Image Anal*. 2007; 11(3): 282–301.
92. Holzinger D, Juergens P, Shahim K, Reyes M, Schicho K, Millesi G et al. Accuracy of soft tissue prediction in surgery-first treatment concept in orthognathic surgery: a prospective study. *J. Cranio-Maxillo-Fac Surg*. 2018; 46(9): 1455-60.