

Navegação em software livre e impressão 3D aplicada ao tratamento de osteoma mandibular

Free software navigation and 3D printing applied to the treatment of mandibular osteoma

Software libre de navegación e impresión 3D aplicados al tratamiento del osteoma mandibular

Recebido: 04/12/2023 | Revisado: 11/12/2023 | Aceitado: 12/12/2023 | Publicado: 15/12/2023

Jadson Lisboa da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5848-6416>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: jadsonsilva@gmail.com

Vinicius Matheus Szydlowski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7559-7735>
Complexo Hospitalar Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, Brasil
E-mail: viniszy@hotmail.com

Edela Puricelli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1318-709X>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: epuricelli@uol.com.br

Deise Ponzoni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2855-7495>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: deise.ponzoni@ufrgs.br

Resumo

Introdução: O osteoma mandibular é uma lesão benigna que pode provocar assimetria facial e comprometer a funcionalidade do paciente. Nessas situações, há indicação de tratamento cirúrgico. O planejamento virtual tem sido empregado pela Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais oferecendo a possibilidade de simulação detalhada da intervenção e confecção de biomodelos e guias cirúrgicas. **Objetivo e relato do caso:** O artigo tem por objetivo explorar as possibilidades, benefícios, desafios e limitações do planejamento virtual com softwares livres para tratamento cirúrgico de uma paciente com um osteoma em região de corpo mandibular. O tratamento cirúrgico para exérese da lesão foi realizado, em ambiente hospitalar, sob efeitos de anestesia geral. **Considerações finais:** A utilização de softwares livres representa uma alternativa viável, especialmente em ambientes com recursos financeiros limitados, como no Sistema Único de Saúde. Essas ferramentas proporcionam aos cirurgiões a criação de modelos tridimensionais detalhados, biomodelos e guias cirúrgicas personalizadas, melhorando a precisão e eficiência dos procedimentos.

Palavras-chave: Impressão tridimensional; Realidade virtual; Cirurgia bucal; Osteoma.

Abstract

Introduction: Mandibular osteoma is a benign lesion that can cause facial asymmetry and compromise the patient's functionality. In these situations, surgical treatment is indicated. Virtual planning has been used by Oral and Maxillofacial Surgery and Traumatology, offering the possibility of detailed simulation of the intervention and creation of biomodels and surgical guides. **Objective and case report:** The article aims to explore the possibilities, benefits, challenges and limitations of virtual planning with free software for the surgical treatment of a patient with an osteoma in the mandibular body region. Surgical treatment for excision of the lesion was carried out in a hospital environment, under general anesthesia. **Final considerations:** The use of free software represents a viable alternative, especially in environments with limited financial resources, such as in the Unified Health System. These tools allow surgeons to create detailed three-dimensional models, biomodels and personalized surgical guides, improving precision and efficiency of procedures.

Keywords: Printing, three-dimensional; Virtual reality; Surgery, oral; Osteoma.

Resumen

Introducción: El osteoma mandibular es una lesión benigna que puede provocar asimetría facial y comprometer la funcionalidad del paciente. En estas situaciones está indicado el tratamiento quirúrgico. La planificación virtual ha sido utilizada por Cirugía Bucal y Maxilofacial y Traumatología, ofreciendo la posibilidad de simulación detallada de la intervención y creación de biomodelos y guías quirúrgicas. **Objetivo y reporte de caso:** El artículo tiene como objetivo explorar las posibilidades, beneficios, desafíos y limitaciones de la planificación virtual con software libre para el tratamiento quirúrgico de un paciente con osteoma en la región del cuerpo mandibular. El tratamiento

quirúrgico para la escisión de la lesión se realizó en ambiente hospitalario, bajo anestesia general. Consideraciones finales: El uso de software libre representa una alternativa viable, especialmente en entornos con recursos económicos limitados, como el Sistema Único de Salud, estas herramientas permiten a los cirujanos crear modelos tridimensionales detallados, biomodelos y guías quirúrgicas personalizadas, mejorando la precisión y eficiencia de los procedimientos.

Palabras clave: Impresión tridimensional; Realidad virtual; Cirugía bucal; Osteoma.

1. Introdução

Os avanços tecnológicos, associados ao planejamento virtual, têm impulsionado significativamente a especialidade da Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais, permitindo abordagens mais precisas, eficientes e individualizadas através do uso de biomodelos e guias cirúrgicas (Ganry et al., 2018). O planejamento virtual também permite a visualização prévia e simulação detalhada de procedimentos, oportunizando aos profissionais a compreensão de complexidades anatômicas e a possibilidade de planejamento, com maior precisão das intervenções necessárias ao procedimento cirúrgico (Haas Jr et al., 2014).

No entanto, um desafio significativo enfrentado pelos profissionais de saúde é o alto custo dos softwares comercializados utilizados no planejamento virtual de cirurgias buco-maxilo-faciais. Estes programas frequentemente exigem investimentos financeiros substanciais, tornando-os inacessíveis para muitas instituições de saúde (Xia et al., 2006). Este fato pode criar uma barreira para a adoção generalizada destas ferramentas por cirurgiões, clínicas e hospitais, especialmente em áreas com recursos financeiros limitados, como o Sistema Único de Saúde.

Em Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais, assim como em muitas outras especialidades da saúde, softwares livres não são tão predominantes quanto em outras áreas de tecnologia. No entanto, existem algumas ferramentas de código aberto que podem ser aplicadas à especialidade. O Autodesk MeshMixer foi utilizado em conjunto com softwares privados para confecção de guia cirúrgico em cirurgia ortognática (Onică et al., 2023). O OrtoGOnBlender (uma das variações específicas para a especialidade do software Blender®) mostrou-se uma opção viável e prática no planejamento completo de movimentações ósseas e confecção de guia cirúrgica em cirurgia ortognática (Vitorino, 2020). O 3D Slicer e Blender (3DSB) tiveram seu uso demonstrado em cirurgia de implantes dentários (Talmazov et al., 2020). O software InVesalius, desenvolvido no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), no núcleo de pesquisas do Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil, teve seu uso relatado na prototipagem rápida em Odontologia (de Lima et al., 2021). Os programas OsiriX®, Meshlab®, Netfabb® e Blender® foram utilizados com sucesso no planejamento e medições de osteotomias e impressão de guias cirúrgicos em caso de reconstrução mandibular com enxerto de fíbula (Ganry, Hersant, Quilichini, Leyder, & Meningaud, 2017). Na ressecção e reconstrução de grandes patologias como ameloblastomas, o software Horos® demonstrou precisão no planejamento tanto da remoção das lesões quanto na subsequente reconstrução dos defeitos utilizando retalhos micro vascularizados de fíbula (Abbate et al., 2023). Não há relatos da aplicação de softwares livres associados ao tratamento de osteomas. Há relatado de caso, que utilizou software privado, e foi utilizado para planejamento do tratamento de osteomas craniofaciais de grandes dimensões (Lazar & Brokes, 2021).

Neste contexto, este trabalho se propõe a explorar as possibilidades, benefícios, desafios e limitações do planejamento virtual com softwares livres em Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais para tratamento cirúrgico de uma paciente com um osteoma em região de corpo mandibular.

2. Metodologia

Trata-se de estudo retrospectivo, descritivo e observacional no formato de Relato de Caso Clínico (Alsaywid & Abdulhaq, 2019; Estrela, 2018) de uma paciente com um osteoma mandibular tratada em nível de atenção terciária, vinculada ao Sistema Único de Saúde, na especialidade de Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais. Os dados descritivos foram

coletados através de acesso ao prontuário eletrônico, após autorização do paciente, mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O caso faz parte de um projeto de desenvolvimento para implementação de tecnologia desenvolvido em conjunto com o Serviço de Radiologia, o Serviço de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Biomédica e a Unidade de Cirurgia Buco-maxilo-faciais do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. O planejamento e execução da intervenção cirúrgica utilizaram o protocolo de confecção de biomodelos e o emprego de técnica de prototipagem rápida (Guidolin *et al.*, 2022). O projeto foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (nº 2020-0410), de acordo com as atribuições definidas pela Resolução CNS nº 466/2012 e pela Norma Operacional CNS/CONEP nº 001/2013 (Parecer nº 5.526.928). Foram feitas buscas na literatura utilizando o MeSH Database através da padronização das palavras-chave. A discussão foi baseada nas publicações anteriores acerca do tema.

3. Relato do Caso

Paciente feminina, 60 anos, apresentando queixa aumento de volume extrabucal, buscou atendimento buco-maxilo-facial. Histórico de hipertensão arterial sistêmica, diabetes tipo II e hipercolesterolemia controlados por medicamentos. Paciente tabagista (30 maços/ano) e alérgica à dipirona.

O exame clínico intrabucal identificou ausências dentárias superiores e inferiores, sem outras particularidades. Exame clínico extrabucal revelou um aumento de volume na região de mandíbula à esquerda, na região de parassínfise, indolor à palpação.

O exame tomográfico de feixe em leque (TCFL) de ossos da face, realizado no plano axial com aquisições volumétricas e reconstruções multiplanares mostrou uma lesão exofítica, com densidade da cortical e que se continuava com a camada cortical no aspecto caudal do corpo da mandíbula à esquerda, próximo do mento, medindo cerca de 3,0 x 1,5 x 1,5 cm. A lesão determinava abaulamento da superfície cutânea adjacente. Não havia evidência de envolvimento de partes moles. A lesão apresentava proximidade e contato com as porções adjacentes dos músculos platísmo e digástrico. A imagem tomográfica era sugestiva de osteoma mandibular (Figura 1A).

A partir da TCFL e geração de uma superfície 3D (Three Dimensional) seguiu-se a manipulação e modelagem do objeto 3D, com geração de um corpo sólido através de ferramentas CAD (Computer Aided Design) 3D, utilizando softwares livres e, por fim, a confecção de biomodelos, através do processo de modelagem por FFF (Fused Filament Fabrication), ou seu sinônimo (Fused Deposition Modeling) e SLA (stereolithography).

A TCFL foi realizada em um tomógrafo multislice Aquilon CX, 64 canais (Toshiba Medical Systems Corporation, Otawara, Japão), seguindo o protocolo de aquisição das imagens para exame de região de cabeça e pescoço orientado pelo fabricante. Para a realização do exame o paciente foi posicionado em decúbito dorsal com braços paralelos ao longo do corpo e foram utilizadas almofadas temporais. Utilizou-se energia para tensão de alimentação 128 kV, com espessura de corte de 3mm e reconstrução das imagens em uma proporção de 1 para 0,8mm. O arquivo gerado foi salvo em formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), permitindo a reconstrução tridimensional. O mesmo exame tomográfico adquirido para fins de diagnóstico foi empregado para o planejamento cirúrgico. O arquivo DICOM foi manipulado no programa OrtogOnBlender 2.80 (Marca não registrada) para construção de uma malha tridimensional reproduzindo os ossos da face e a lesão (Figura 2). No mesmo programa foi realizada a secção da área de interesse, no caso a mandíbula, que foi exportada em formato STL, ao software Meshmixer® (v3.5, Autodesk, São Rafael, EUA), para espelhamento do lado saudável e modelagem de guias cirúrgicas de corte da lesão e de desgaste final (Figura 3).

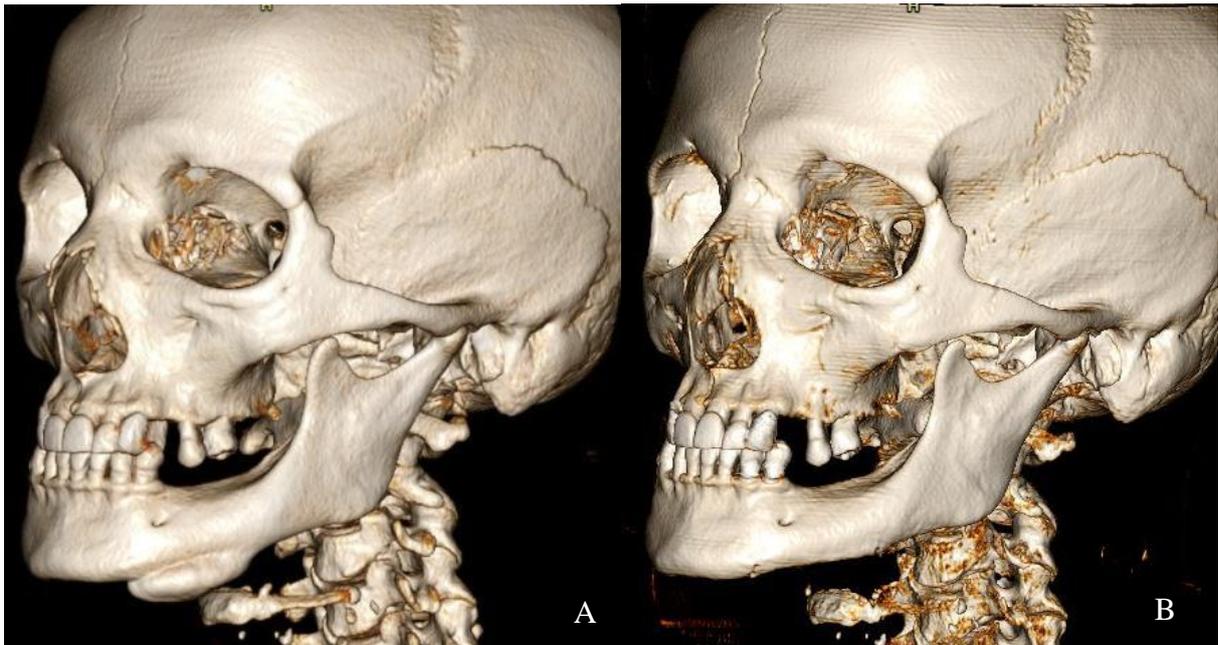
A paciente foi submetida à intervenção cirúrgica sob anestesia geral. A incisão de Risdon modificada foi realizada, seguida da divulsão tecidual para acesso à lesão. Uma vez a exposta a lesão, foi adaptada a primeira guia cirúrgica na região basilar da mandíbula. Foram realizadas duas perfurações transfixantes, paralelas entre si, fora dos limites da lesão, com fio de

Kirschner nº 0.6. A guia cirúrgica foi encaixada nos fios de Kirschner (Figura 4A). As osteotomias para remoção da lesão foram feitas com micro serra, brocas esféricas e cinzéis. Seguiu-se a regularização com brocas e pontas diamantadas. Após a remoção da lesão foi posicionada a guia de cirúrgica final, que se adaptou perfeitamente à anatomia mandibular, não sendo necessária qualquer complementação cirúrgica (Figura 4B). Após a remoção total da lesão, a mesma foi encaminhada ao exame histopatológico para confirmação do diagnóstico (Figura 4C).

Os planos profundos foram suturados com poliglactina 910 4x0 e a pele com mononylon 5x0. Um dreno de Penrose nº 1 foi adaptado à ferida cirúrgica. Foram realizados curativo compressivo sobre a área da ferida e na região do dreno extra bucal. O exame histopatológico da lesão confirmou o diagnóstico presuntivo de osteoma mandibular (Figura 5A, 5B e 5C).

Durante a internação, a paciente teve a ferida extra bucal higienizada com soro fisiológico e polivinilpirrolidona iodo, duas vezes ao dia. O dreno foi removido 72h após a intervenção. A paciente recebeu alta hospitalar 72h após a intervenção. A escovação dentária iniciou a partir do primeiro dia pós-operatório, três vezes ao dia. Nos controles clínicos pós-operatórios de 15 e 30 dias, observou-se a reorganização tecidual associada à região operada. O controle tomográfico aos 6 meses pós-operatórios evidenciou a regularidade do contorno mandibular à esquerda, sem sinais de recidiva da lesão (Figura 1B).

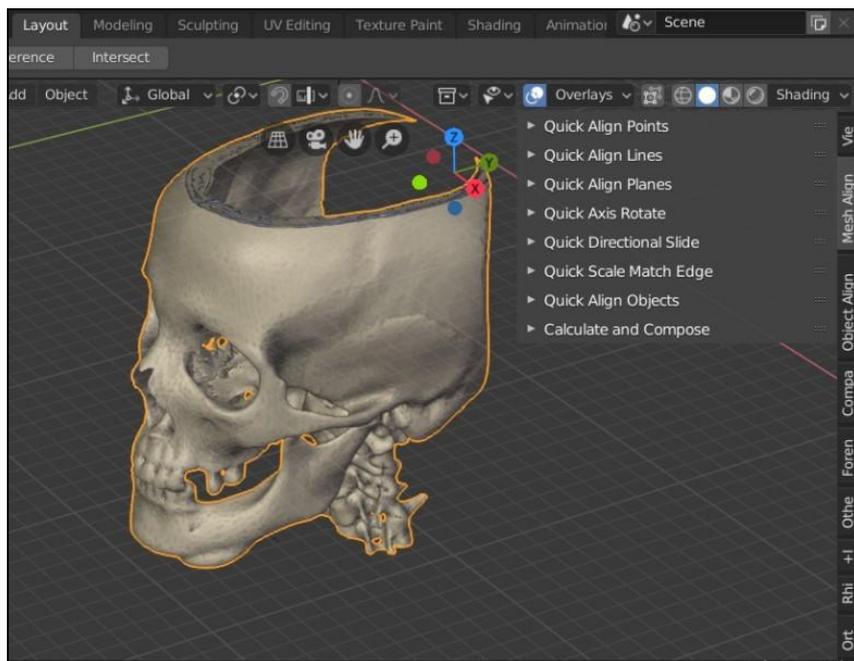
Figura 1 - Tomografia computadorizada de face com reconstrução tridimensional. A – Exame pré-operatório. B – Exame pós-operatório.



Fonte: Autores.

O exame tomográfico pré-operatório mostra a lesão exóftica, na região de corpo mandibular esquerdo em continuidade com a cortical óssea (Figura 1A). O controle imaginológico pós-operatório de 6 meses evidencia a preservação da anatomia local, sem sinais de recidiva da lesão (Figura 1B).

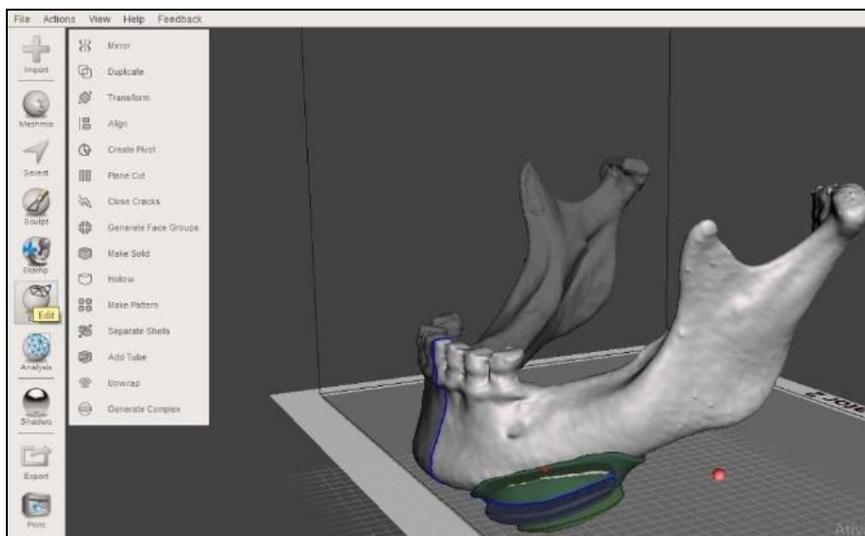
Figura 2 - Imagem obtida a partir da utilização do software OrtoconBlender 2.80 (marca não registrada).



Fonte: Autores.

Visualiza-se a reconstrução 3D a partir da TCFL e a barra de ferramentas do programa disponível para alinhamento e posicionamento da malha (Figura 2).

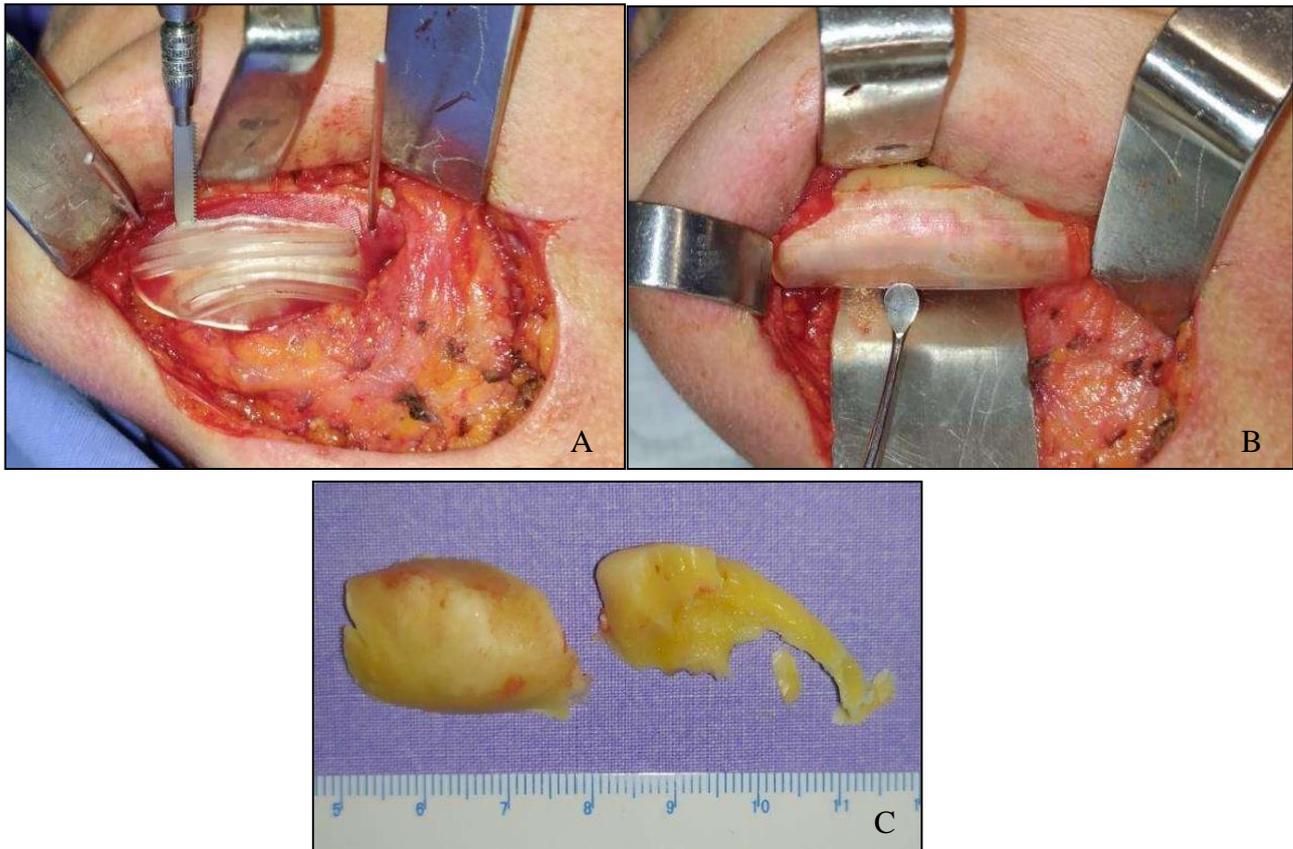
Figura 3 - Imagem obtida a partir da utilização do software Meshmixer® (v3.5, Autodesk, São Rafael, EUA) para confecção de guias cirúrgicas.



Fonte: Autores.

O software apresenta várias ferramentas de modelagem, incluindo a possibilidade de espelhamento do lado não envolvido pela patologia, auxiliando na visualização e delimitação dos planos de osteotomia durante a cirurgia (Figura 3).

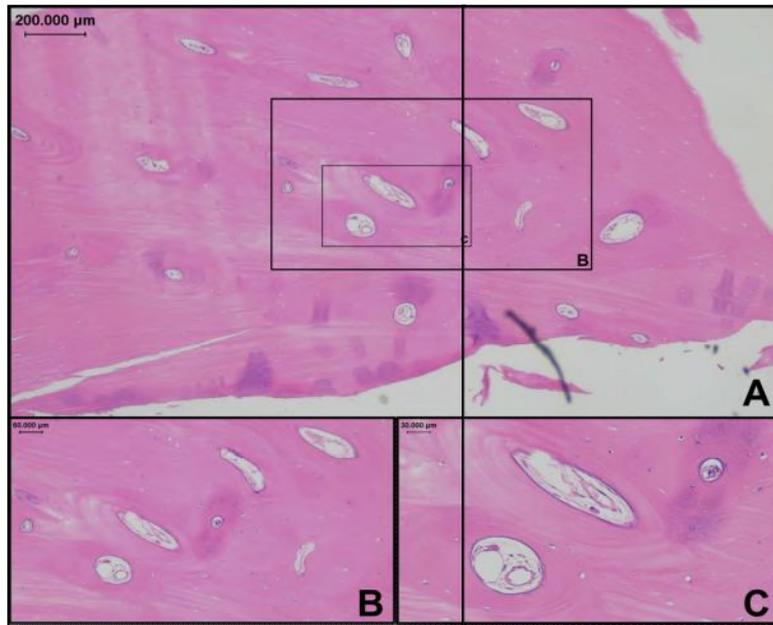
Figura 4 - Imagem transcirúrgica. A – Primeira guia cirúrgica adaptada na mandíbula esquerda. B – Segunda guia cirúrgica adaptada na mandíbula esquerda. C – Peças cirúrgicas.



Fonte: Autores.

A imagem ilustra a primeira guia cirúrgica adaptada sobre a região mandibular, ainda com a patologia. Ela orientou e guiou os planos de osteotomia durante a remoção da lesão (Figura 4A). A segunda imagem mostra a adaptação da guia cirúrgica final sobre a base óssea mandibular, após a remoção da lesão. A perfeita adaptação confirmou a regularidade da estrutura e a remoção total da patologia (Figura 4B). A lesão foi removida em dois segmentos (Figura 4C).

Figura 5 - Fotomicrografia da lesão removida, caracterizada histologicamente como osteoma. Coloração hematoxilina-eosina. A - 40x, B - 100x, C - 200x.



Fonte: Autores.

Observa-se o tecido ósseo compacto com canais de Havers e espaços medulares de volume limitado, caracterizando osso compacto (Figura 5A). É possível observar os canais de Havers com os vasos bem organizados e livres de processo inflamatório na escassa porção de medula presente (Figura 5B). Aparecem os osteócitos preservados no interior das lacunas ósseas, lacunas de Howship e ausência de atividade osteoblástica (Figura 5C).

4. Discussão

O osteoma é uma lesão benigna, que aparece predominantemente na região craniofacial (Agarwal et al., 2021; Kim et al., 2023; Putro *et al.*, 2023). São reconhecidos três subtipos, de acordo com a localização. O osteoma central é caracterizado por desenvolvimento intra-ósseo progressivo, podendo resultar na substituição completa do segmento afetado. O osteoma periférico consiste no desenvolvimento periosteal, podendo aparecer como uma lesão pedunculada. O osteoma extra-ósseo se desenvolve nos tecidos moles, principalmente no tecido muscular (Bodner et al., 1998).

A patogênese dos osteomas é bastante discutida na literatura. Podem ser considerados congêntos decorrentes de uma lesão cartilaginosa embrionária ou periosteal, como quando associados ao colesteatoma congênito (Cutilli & Quinn, 1992; Halawi et al., 2013; Yamasoba et al., 1990). A associação dos osteomas com a síndrome de Gardner sugere uma possível natureza hereditária (Blackwell et al., 2023; D'Agostino *et al.*, 2023; Lucamba et al., 2023; Putro *et al.*, 2023). Alguns locais de maior frequência de surgimento de osteomas são áreas suscetíveis ao trauma, como o osso frontal ou o ângulo e bordo inferior da mandíbula, sugerindo que traumas progressivos possam estar associados ao desenvolvimento dessas lesões (Kim *et al.*, 2023; Wolf- Grotto et al., 2022).

As lesões são caracterizadas por apresentarem crescimento contínuo. Esta é a principal característica que difere os osteomas das exostoses. Além disso, os osteomas apresentam uma inserção focal no osso, as exostoses têm implantações difusas. O crescimento lento dos osteomas pode ser acelerado com o aumento da taxa de osteogênese (Yamasoba *et al.*, 1990). Na maioria das vezes são pequenos e assintomáticos e são diagnosticados em pacientes com mais de trinta anos (Boffano et al., 2012; Larrea-Oyarbide et al., 2008).

Os osteomas são caracterizados histologicamente por representarem uma massa de osso denso que pode ter origem no periósteo ou na medula óssea, o que os diferencia em dois tipos. Os osteomas compactos caracterizam-se pela presença de osso lamelar maduro com espaços medulares mínimos e canais haversianos ocasionais sem qualquer estrutura fibrosa (Bessho et al., 1987). Por outro lado, os osteomas trabeculares são compostos de osso trabecular esponjoso com medula óssea delimitada por uma margem óssea cortical (Miller et al., 1977).

A maioria dos osteomas é assintomática e o diagnóstico se dá ao acaso, em investigações imaginológicas realizadas por outros motivos. Contudo, podem apresentar dimensões significativas provocando alterações estéticas e/ou funcionais, promovendo assimetria facial e compressão de estruturas adjacentes. Portanto, as manifestações clínicas são muito variáveis e associadas com a localização inicial da lesão (Yamasoba *et al.*, 1990). Os locais mais frequentes de aparecimento das lesões são a mandíbula e os seios paranasais (frontal, etmoidal, maxilar e esfenoidal), seguido pelas tábuas cranianas interna e externa e osso maxilar (Taketomi et al., 2023; Tarsitano *et al.*, 2021; Yamasoba *et al.*, 1990). Quando envolvem os seios paranasais, ocupando o complexo ostiomeatal, podem promover a interrupção da drenagem do muco e do fluxo aéreo, manifestando-se clinicamente como uma sinusite, causando dor e obstrução nasal (Movio & Ahmed, 2023). O envolvimento do terço médio da face e da mandíbula pode causar assimetria facial (Tarsitano *et al.*, 2021), quando localizado na órbita pode causar exoftalmia (Tawashi et al., 2023). O envolvimento do côndilo mandibular pode ser causa de disfunções como má oclusão, limitação de abertura bucal, e em alguns casos zumbido e surdez (Lucamba *et al.*, 2023; Ortega Beltrá et al., 2021; Ostrofsky et al., 2019).

No caso clínico relatado, a paciente apresentava um osteoma periférico mandibular, caracterizado histologicamente como compacto. A queixa estética estava associada à presença da lesão que promovia assimetria facial. Nenhum prejuízo funcional estava presente.

Na tomografia computadorizada (TC) o osteoma aparece como uma lesão radiodensa com aspecto semelhante à cortical óssea normal. Os osteomas são geralmente redondos ou ovais, com margens bem definidas e lisas, sem halo perilesional (Woertler, 2003). A TC é superior à radiografia convencional, pois oferece mais detalhes sobre a relação da lesão e as estruturas adjacentes e suporte para o planejamento cirúrgico. A tomografia computadorizada de feixe cônico também pode ser utilizada e permite a avaliação detalhada de margens de lesões ósseas para a avaliação pré-cirúrgica ou acompanhamento pós-operatório. O uso de ressonância magnética na avaliação dos osteomas é limitado, devido natureza da lesão. Contudo, pode ser complementar à TC na avaliação dos tecidos moles adjacentes e complicações associadas a um osteoma, como alterações inflamatórias na mucosa de lesões em regiões de seios da face. A associação entre PET-CT (tomografia computadorizada e tomografia por emissão de pósitrons) e cintilografia óssea fica reservada diante da suspeita de osteomas múltiplos como no caso na síndrome de Gardner. Além disso, o PET-CT pode ser útil na avaliação do crescimento da lesão, se está ativa ou inerte (Bhure et al., 2019; Putro *et al.*, 2023; Tarsitano *et al.*, 2021).

O diagnóstico diferencial dos osteomas inclui doenças inflamatórias e neoplásicas como exostoses, displasia cemento-óssea, doença de Paget, esclerose focal crônica, osteomielite, osteoblastoma, fibroma ossificante, condroma, osteossarcoma, displasia fibrosa e odontoma (Agarwal *et al.*, 2021).

Os osteomas assintomáticos são tratados de forma conservadora através do acompanhamento clínico e imaginológico. O tratamento cirúrgico deve ser indicado diante do compromisso estético e ou funcional. Na maioria dos casos, o tratamento baseia-se na excisão cirúrgica com remoção da cortical subjacente. Lesões maiores poderão exigir tratamento cirúrgico mais extenso e técnicas reconstrutivas. Lesões envolvendo seios paranasais poderão ser tratadas por abordagem endoscópica. A utilização de sistemas de navegação para planejamento pré-operatório torna as cirurgias mais precisas e seguras. A associação entre a navegação cirúrgica com a endoscopia permite que o cirurgião evite acessos abertos reduzindo assim a morbidade cirúrgica. Esta aplicação é particularmente eficiente em osteomas da região etmóide-orbital (Agarwal *et al.*, 2021; Putro *et al.*, 2023).

A mesma TCFL solicitada para fins diagnósticos foi empregada para navegação nos softwares livres com a finalidade de planejamento do procedimento cirúrgico e confecção das guias. O protocolo de aquisição da TCFL seguiu a recomendação do fabricante, garantindo a mínima exposição à radiação para o paciente e a otimização da qualidade da reconstrução das imagens 3D.

O arquivo DICOM foi manipulado no programa OrtoGOnBlender 2.80 (marca não registrada). Este software tem a vantagem de trabalhar diretamente com arquivos no formato DICOM ao invés de STL, através da organização dos arquivos componentes do DICOM para construção de uma malha tridimensional reproduzindo os ossos da face e a lesão. Outra vantagem é a possibilidade de utilização de um computador com configurações menos complexas do que as exigidas pelos softwares comerciais para a execução de modelagens 3D. As principais desvantagens do software correspondem à necessidade de instalação de componentes extras para o pleno funcionamento e o fato de ser menos intuitivo que programas comerciais. (Blender, 2023). No mesmo software foi realizada a secção da área de interesse, que foi exportada em formato STL, ao software Meshmixer® (v3.5, Autodesk, São Rafael, EUA).

No software Meshmixer® (v3.5, Autodesk, São Rafael, EUA) foi realizada a secção da mandíbula na linha média do plano sagital e o espelhamento do lado saudável, resultando em um segundo objeto 3D. Foram obtidos dois modelos digitais, um da mandíbula com a lesão e outro da mandíbula com o lado saudável espelhado, mimetizando o resultado cirúrgico esperado. As guias cirúrgicas foram modeladas a partir dos dois objetos gerados e exportadas em formato STL para impressão pelo Serviço de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Biomédica do hospital. O software utilizado apresenta ferramentas de modelagem e manipulação de objetos 3D bastante intuitiva, não necessitando de grande tempo de treinamento do profissional, nem configurações especiais do computador. Interrupções no funcionamento são observadas durante o uso, sendo indicado o salvamento do progresso da manipulação dos objetos a cada grande modificação (Stelt *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2023).

Os modelos de estudo 3D da mandíbula foram impressos em filamento de PLA. Esse material é um polímero termoplástico sintetizado a partir do ácido láctico, pelo método de Fused Deposition Modeling (FDM), amplamente utilizado por diversas especialidades médicas (DeStefano *et al.*, 2020). A impressão utilizou um material de baixo custo, de fontes renováveis e foi realizada através de um método com boa precisão (Serrano *et al.*, 2023). Os modelos permitiram o estudo da lesão, seus limites e o melhor planejamento cirúrgico. Ainda, foi possível a testagem prévia das guias cirúrgicas (Serrano *et al.*, 2023).

As guias cirúrgicas de corte foram impressas em resina transparente Clear V4, que é uma resina de polímero transparente fotossensível, composta de monômeros acrílicos, oligômeros e fotoiniciadores. O material foi selecionado pela sua alta transparência óptica e boa precisão dimensional, o que permitiu a visualização da lesão através das guias e identificação dos planos de osteotomias, além da identificação de possíveis pontos de desgaste. A desvantagem desse material está associada à fragilidade e menor resistência mecânica. As guias foram impressas por estereolitografia (SLA) (Mehra *et al.*, 2011). Os materiais e os métodos de impressão utilizados têm comprovada precisão na entrega de produtos fiéis às características dos pacientes (Zeller *et al.*, 2021).

5. Considerações Finais

O relato de caso clínico apresentado neste estudo demonstra que o uso de softwares livres no planejamento virtual dentro da Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais pode ser uma abordagem viável e eficaz. Essas ferramentas proporcionaram aos cirurgiões a capacidade de criar modelos 3D detalhados, guias cirúrgicas personalizadas e biomodelos, melhorando a precisão e a eficiência dos procedimentos.

A colaboração entre diferentes serviços e a implementação de tecnologia de código aberto podem ser uma estratégia

valiosa para instituições de saúde com recursos financeiros limitados, como o Sistema Único de Saúde. Isso permite a prestação de cuidados de alta qualidade à pacientes com osteomas mandibulares e outras patologias complexas.

No entanto, é importante observar que o sucesso dessa abordagem depende da capacitação dos profissionais de saúde no uso dessas ferramentas e da disponibilidade de recursos técnicos adequados. Portanto, a integração eficaz de softwares livres no campo da Cirurgia e Traumatologia Buco-maxilo-faciais requer treinamento e investimento em infraestrutura.

Estudos futuros utilizando esse tipo de tecnologia de código aberto, aplicada ao tratamento de diferentes patologias, trauma e deformidades do complexo buco-maxilo-facial devem ser incentivados.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos professores da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pantelis Varvaki Rados e Márcia Gaiger de Oliveira e ao Mestrando Igor Guedes pelo processamento da peça cirúrgica, diagnóstico histopatológico e obtenção das imagens microscópicas. Ainda, agradecem ao Serviço de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Biomédica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre pela cooperação.

Referências

- Abbate, V., Togo, G., Committeri, U., Zarone, F., Sammartino, G., Valletta, A., Elefante, A., Califano, L., & Dell'Aversana Orabona, G. (2023). Full Digital Workflow for Mandibular Ameloblastoma Management: Showcase for Technical Description. *Journal of clinical medicine*, 12(17), 5526.
- Agarwal, S., Bhansali, S. P., Talreja, G., & Tiwari, A. (2021). Surgical Excision of Peripheral Osteoma of the Inferior Border of the Mandible by Extraoral Approach: A Case Report of Three Cases. *Annals of maxillofacial surgery*, 11(2), 333–335.
- Alsawyid, B. S., & Abdulhaq, N. M. (2019). Guideline on writing a case report. *Urology Annals*, 11(2), 126–131. 10.4103/UA.UA_177_18.
- Bessho, K., Murakami, K., Iizuka, T., & Ono, T. (1987). Osteoma in mandibular condyle. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 16(3), 372–375.
- Bhure, U., Roos, J. E., & Strobel, K. (2019). Osteoid osteoma: multimodality imaging with focus on hybrid imaging. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*, 46(4), 1019–1036.
- Blackwell, M. C., Thakkar, B., Flores, A., & Zhang, W. (2023). Extracolonic manifestations of Gardner syndrome: A case report. *Imaging science in dentistry*, 53(2), 169–174.
- Blender HQ – Amsterdam. (s.d.). *System Requirements for Blender*. <https://www.blender.org/download/requirements/>
- Bodner, L., Gatot, A., Sion-Vardy, N., & Fliss, D. M. (1998). Peripheral osteoma of the mandibular ascending ramus. *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 56(12), 1446–1449.
- Boffano, P., Rocchia, F., Campisi, P., & Gallesio, C. (2012). Review of 43 osteomas of the craniomaxillofacial region. *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 70(5), 1093–1095.
- Cutilli, B. J., & Quinn, P. D. (1992). Traumatically induced peripheral osteoma. Report of a case. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 73(6), 667–669.
- D'Agostino, S., Dell'Olio, F., Tempesta, A., Cervinara, F., D'Amati, A., Dolci, M., Favia, G., Capodiferro, S., & Limongelli, L. (2023). Osteoma of the Jaw as First Clinical Sign of Gardner's Syndrome: The Experience of Two Italian Centers and Review. *Journal of clinical medicine*, 12(4), 1496.
- de Lima, L. B., Caixeta, M. A., & Viana, H. C. (2021). Prototipagem rápida confeccionada pela técnica da impressão tridimensional na cirurgia e implantodontia. *Research, Society and Development*, 10(12), e405101220633-e405101220633.
- DeStefano, V., Khan, S., & Tabada, A. (2020). Applications of PLA in modern medicine. *Engineered Regeneration*, 76–87.
- Estrela, C. (2018). *Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa* (3a ed.). Artes Médicas.
- Ganry, L., Hersant, B., Bosc, R., Leyder, P., Quilichini, J., & Meningaud, J. P. (2018). Study of medical education in 3D surgical modeling by surgeons with free open-source software: Example of mandibular reconstruction with fibula free flap and creation of its surgical guides. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 119(4), 262–267.
- Ganry, L., Hersant, B., Quilichini, J., Leyder, P., & Meningaud, J. P. (2017). Use of the 3D surgical modelling technique with open-source software for mandibular fibula free flap reconstruction and its surgical guides. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 118(3), 197–202.
- Guidolin, L. R., Muller, A. F., Tonetto, M. S., Pletsch, A., Puricelli, E., Quevedo, A. S. D., & Ponzoni, D. (2022). Navegação em software livre e impressão 3D: princípios básicos e simulações em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais. *Research, society and development*. 11(1), e57811125324, 11p.

- Haas, O. L., Jr, Becker, O. E., & de Oliveira, R. B. (2014). Computer-aided planning in orthognathic surgery- systematic review. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, S0901-5027(14)00430-5. Advance online publication.
- Halawi, A. M., Maley, J. E., Robinson, R. A., Swenson, C., & Graham, S. M. (2013). Craniofacial osteoma: clinical presentation and patterns of growth. *American journal of rhinology & allergy*, 27(2), 128–133.
- Kim, G. H., Yoon, Y. S., Kim, E. K., & Min, K. H. (2023). Frontal peripheral osteomas: a retrospective study. *Archives of craniofacial surgery*, 24(1), 24–27.
- Larrea-Oyarbide, N., Valmaseda-Castellón, E., Berini-Aytés, L., & Gay-Escoda, C. (2008). Osteomas of the craniofacial region. Review of 106 cases. *Journal of oral pathology & medicine: official publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology*, 37(1), 38–42.
- Lazar, A., & Brookes, C. C. D. (2021). Giant Osteomas: Optimizing Outcomes Through Virtual Planning; a Report of Two Cases and Review of the Literature. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 79(2), 366–375.
- Lucamba, A. J., Grillo, R., Jodas, C. R. P., & Teixeira, R. G. (2023). Multiple Gardner Syndrome Osteomas Mimicking Temporomandibular Ankylosis: Case Report. *Journal of maxillofacial and oral surgery*, 1–4.
- Mehra, P., Miner, J., D’Innocenzo, R., & Nadershah, M. (2011). Use of 3-D Stereolithographic Models in Oral and Maxillofacial Surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 6-13.
- Miller, N. R., Gray, J., & Snip, R. (1977). Giant, mushroom-shaped osteoma of the orbit originating from the maxillary sinus. *American journal of ophthalmology*, 83(4), 587–591.
- Movio, G., & Ahmed, S. (2023). Paranasal Osteoma: The Importance of Surveillance. *Cureus*, 15(9), e44696.
- Onică, N., Onică, C. A., Tatarciuc, M., Baciuc, E. R., Vlasie, G. L., Ciofu, M., Balan, M., & Gelețu, G. L. (2023). Managing Predicted Post-Orthognathic Surgical Defects Using Combined Digital Software: A Case Report. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(9), 1219.
- Ortega Beltrá, N., Matarredona Quiles, S., Martín Arroyo, M., & Pons Rocher, F. (2021). Mandibular osteoma as a cause of ankylosis and progressive trismus. *BMJ case reports*, 14(9), e244014.
- Ostrofsky, M., Morkel, J. A., & Titinchi, F. (2019). Osteoma of the mandibular condyle: a rare case report and review of the literature. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 120(6), 584–587.
- Putro, Y. A. P., Magetsari, R., Taroeno-Hariadi, K. W., Dwianingsih, E. K., Pribadi, A. W., & Sukotjo, K. K. (2023). Classic and rare manifestations of multiple osteoma: A case report. *International journal of surgery case reports*, 110, 108713.
- Serrano, D. R., Kara, A., Yuste, I., Luciano, F. C., Ongoren, B., Anaya, B. G., et al. (2023). 3D Printing Technologies in Personalized Medicine, Nanomedicines, and Biopharmaceuticals. *Pharmaceutics*, 313.
- Stelt, V. D., Verhulst, A. C., Vas Nunes, J. H., Koroma, T. A., Nolet, W. W., Slump, C. H., et al. (2020). Improving Lives in Three Dimensions: The Feasibility of 3D Printing for Creating Personalized Medical Aids in a Rural Area of Sierra Leone. *The American journal of Tropical medicine and Hygiene*, 905-909.
- Sun, Z., Wong, H. Y., & Yeong, H. C. (2023). Patient-Specific 3D-Printed Low-Cost Models in Medical Education and Clinical Practice. *Micromachines*, 14-56.
- Taketomi, T., Imayama, K., Nakamura, K., & Kusukawa, J. (2023). An Isolated Laminar Osteoma Arising in the Maxillary Sinus. *The American journal of case reports*, 24, e938904.
- Talmazov, G., Bencharit, S., Waldrop, T. C., & Ammoun, R. (2020). Accuracy of Implant Placement Position Using Nondental Open-Source Software: An In Vitro Study. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(7), 604–610.
- Tarsitano, A., Ricotta, F., Spinnato, P., Chiesa, A. M., Di Carlo, M., Parmeggiani, A., Miceli, M., & Facchini, G. (2021). Craniofacial Osteomas: From Diagnosis to Therapy. *Journal of clinical medicine*, 10(23), 5584.
- Tawashi, Y., Tawashi, K., Beski, T., & Alhakeem, K. (2023). Exophthalmos and hemiheadache caused by osteoma in the greater wing of sphenoid bone: an extremely rare case report. *Annals of medicine and surgery* (2012), 85(5), 2052–2055.
- Vitorino, N. D. S. (2020). Uso de ferramenta de software livre no diagnóstico e tratamento tridimensional das deformidades dento-faciais.
- Woertler K. (2003). Benign bone tumors and tumor-like lesions: value of cross-sectional imaging. *European radiology*, 13(8), 1820–1835.
- Wolf-Grotto, I., Nogueira, L. M., Milani, B., & Marchiori, E. C. (2022). Management of giant osteoma in the mandible associated with minor trauma: a case report. *Journal of medical case reports*, 16(1), 8.
- Xia, J. J., Phillips, C. V., Gateno, J., Teichgraeber, J. F., Christensen, A. M., Gliddon, M. J., Lemoine, J. J., & Liebschner, M. A. (2006). Cost-effectiveness analysis for computer-aided surgical simulation in complex cranio- maxillofacial surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 64(12), 1780–1784.
- Yamasoba, T., Harada, T., Okuno, T., & Nomura, Y. (1990). Osteoma of the middle ear. Report of a case. *Archives of otolaryngology--head & neck surgery*, 116(10), 1214–1216.
- Zeller, A. N., Neuhaus, M. T., Fresenborg, S., Zimmerer, R. M., Jehn, P., Spalthoff, S., Gellrich, N. C., & Dittmann, J. A. (2021). Accurate and cost-effective mandibular biomodels: a standardized evaluation of 3D- Printing via fused layer deposition modeling on soluble support structures. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 122(4), 355–360.