

A impressão 3D como ferramenta de auxílio ao processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico da disfunção temporomandibular

3D printing as a tool to aid the processo of diagnosis and surgical treatment of temporomandibular dysfunction

La impresión 3D como herramienta de ayuda en el proceso de diagnóstico y tratamiento quirúrgico de los trastornos temporomandibulares

RESUMO

Introdução: a disfunção temporomandibular DTM é uma anormalidade funcional da articulação temporomandibular que envolve ligamentos, ossos e disco articular, atingindo entre 40 a 75% da população mundial. A prototipagem rápida se constitui numa ferramenta de auxílio ao processo de diagnóstico da DTM sem redução e assistência às cirurgias de correção. **Objetivo:** desenvolver modelos 3D, a partir de uma ressonância magnética, dos principais estágios da disfunção temporomandibular e sua relação no processo de diagnóstico e tratamento cirúrgico da DTM sem recaptura articular. **Metodologia:** trata-se de um estudo exploratório de comparação entre DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) de ressonância magnética através *software* de reconstrução de imagens médicas como *InVesalius 3.1*, *Meshmixer®Autodesk Inc.©3.59*, *Simplify3D® 5.0* (*software* de fatiamento) e impressão 3D da ATM. **Resultados:** as amostras dos modelos 3D revelaram um padrão semelhante à anatomia da articulação temporomandibular e estágio da DTM sem recaptura, além dos acidentes anatômicos ósseos do complexo sistema articular como o tubérculo articular do osso temporal e cabeça do processo condilar. **Conclusão:** os modelos 3D contribuem para uma melhor compreensão da DTM, auxiliam o cirurgião dentista no diagnóstico das DTMs e participam para o planejamento do tratamento de emergência. **Palavras-chave:** Síndrome da DTM; Impressão 3D; Diagnóstico; Tratamento de emergência.

ABSTRACT

Introduction: temporomandibular disorder TMD is a functional abnormality of the temporomandibular joint that involves ligaments, bones and articular disc, affecting between 40 and 75% of the world's population. Rapid prototyping constitutes a tool to aid the process of diagnosing TMD without reducing it and assisting correction surgeries. **Objective:** to develop 3D models, based on magnetic resonance imaging, of the main stages of temporomandibular disorder and their relationship in the process of diagnosis and surgical treatment of TMD without joint recapture. **Methodology:** this is an exploratory study comparing DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) magnetic resonance imaging using medical image reconstruction software such as *InVesalius 3.1*, *Meshmixer®Autodesk Inc.©3.59*, *Simplify3D® 5.0* (slicing software) and 3D printing of the ATM. **Results:** the 3D model samples revealed a pattern similar to the anatomy of the temporomandibular joint and the stage of TMD without recapture, in addition to

Hélio Marcos Salmento de Araújo
ORCID: 0000-0002-2517-8388
Universidade Federal do Acre-AC, Brasil
E-mail: helio.araujo@ufac.br

Romeu Paulo Martins Silva
ORCID: 0000-0002-3609-4710
Universidade Federal de Catalão-GO, Brasil
E-mail: romeupms@yahoo.com.br

Alcides Loureiro Santos
ORCID: 0000-0002-3609-4710
Universidade Federal do Acre-AC, Brasil
E-mail: alcides.santos@ufac.br

Yuri Karaccas de Carvalho
ORCID: 0000-0001-5352-405X
Universidade Federal do Acre-AC, Brasil
E-mail: yuri.carvalho@ufac.br

the bony anatomical features of the complex joint system such as the articular tubercle of the temporal bone and head of the condylar process. Conclusion: 3D models contribute to a better understanding of TMD, assist the dentist in diagnosing TMD and participate in emergency treatment planning. Keywords: TMD Syndrome; 3D printing; Diagnosis; Emergency treatment.

RESUMEN

Introducción: el trastorno temporomandibular es una anomalía funcional de la articulación temporomandibular que involucra ligamentos, huesos y disco articular, afectando entre el 40 y el 75% de la población mundial. La creación rápida de prototipos constituye una herramienta para ayudar en el proceso de diagnóstico de TMD sin reducirlo y ayudar a las cirugías correctoras. Objetivo: desarrollar modelos 3D, basados en imágenes de resonancia magnética, de las principales etapas del trastorno temporomandibular y su relación en el proceso de diagnóstico y tratamiento quirúrgico del DTM sin recaptura articular. Metodología: este es un estudio exploratorio que compara imágenes de resonancia magnética DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) utilizando software de reconstrucción de imágenes médicas como InVesalius 3.1, Meshmixer®Autodesk Inc.©3.59, Simplify3D® 5.0 (software de corte) e impresión 3D del ATM. Resultados: las muestras del modelo 3D revelaron un patrón similar a la anatomía de la articulación temporomandibular y al estadio del DTM sin recaptura, además de las características anatómicas óseas del complejo sistema articular como el tubérculo articular del hueso temporal y la cabeza del proceso condilar. Conclusión: los modelos 3D contribuyen a una mejor comprensión de los DTM, ayudan al dentista en el diagnóstico de los DTM y participan en la planificación del tratamiento de emergencia. Palabras clave: Síndrome TMD; Impresión 3d; Diagnóstico; Tratamiento de emergencia.

INTRODUÇÃO

A Disfunção da Articulação Temporomandibular (DTM), também conhecida como dor orofacial, é uma enfermidade multifatorial de aspecto comum a essa articulação conforme destacam estudos da Academia Americana de Dor Orofacial. Estima-se que entre 40 a 75% da população mundial apresenta algum sinal de DTM ao longo da vida. Contudo, apenas de 3 a 7%, por não desenvolverem a forma grave da disfunção, buscam atendimento para o devido tratamento. Fundamentalmente, a DTM está classificada às desordens os-

teo musculares, cartilaginosas e ligamentares da articulação temporal, com destaque às anormalidades com e sem recaptura do disco articular^{1,2}.

A literatura descreve que a articulação temporomandibular é de complexa funcionalidade fisiológica, pois a mandíbula, único osso do crânio móvel da cabeça, é capaz de permitir movimentos rotacionais e translacionais. Com ossos biarticulados, o complexo sinergismo entre tecido ósseo, cartilaginoso e neuromuscular tem a capacidade de manter uma relação anátomo-funcional precisa e viável à manutenção e ao fisiologismo dos processos mastigatórios, da fala e respiração. Valesan et al.³ destacam que a relação harmônica gínglimoartrodial pode sofrer um desarranjo interno e resultar na disfunção temporomandibular, propriamente, clínica e confirmada por exames imagiológicos.

No estudo da disfunção temporomandibular, sintomas como enxaqueca, cefaleia, otalgia, artralgia, dor facial no terço médio ou inferior formam bases clínicas para diagnóstico de instabilidade articular. Além disso, o cirurgião dentista deve buscar evidências osteodentais que alteram a dimensão vertical de oclusão, como também sinais de degeneração articular reumática como fatores intrínsecos para o diagnóstico da disfunção temporomandibular. Lançar mão de exames de imagens (tomografia ou ressonância magnética) para fechar o diagnóstico e fundamentar o plano de tratamento que vai desde conduta conservadora até os procedimentos cirúrgicos^{4,5}.

Desse modo, quando o paciente apresenta limitação de abertura bucal, o reposicionamento do disco articular deve ser analisado e elencado, dependendo do fator patognático, um leque de ações com a finalidade de corrigir essa disfunção através da discopexia, discectomia, tuberculotomia ou condilectomia. Para esse tipo de cirurgia, o desenvolvimento de modelos 3D impressos corrobora para o planejamento cirúrgico, bem como estabelece parâmetro de segurança às incisões e avulsões de tecidos, além de orientar o cirurgião na prevenção de ruptura dos tendões, ligamentos, complexos neuromusculares, artéria superficial temporal e músculos da face⁶.

Assim, os biomodelos 3D têm a finalidade de realçarem as estruturas ósseas e discal da articulação temporomandibular, destacarem as fases da disfunção temporomandibular com e sem recaptura discal e distinguir os traçados anatômicos para o processo de intervenção cirúrgica, como profundidade, altura e largura do espaço capsular.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo exploratório de comparação entre exames médicos e impressão 3D da articulação temporomandibular desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Educacionais 3D da Universidade Federal do Acre – UFAC. Os *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) de ressonância magnética foram baixados do portal de apoio à pesquisa do site da Universidade de São Paulo - USP, Laboratório de Habilidades e Simulação. A pesquisa está sob amparo legal das Resoluções 466/2012 e 510/2016, que tratam da inexistência de aprovação do CEP/CONEP com dados de domínio público.

O estudo seguiu as seguintes etapas, conforme fluxo da (Figura 1): 1-seleção de documentos de ressonância magnética (RM) com padrão de arquivo simulador para a disfunção temporomandibular. 2-upload do arquivo ressonância magnética (RM) de extensão *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) compactadas no *InVesalius*® versão 3.1, software de reconstrução tridimensional de imagens para *Standard Triangle Language* (STL), padrão de transmissão de dados de prototipagem rápida. 3-moldeamento dos modelos 3D da Articulação Temporomandibular (ATM) demonstrando a Disfunção Temporomandibular (DTM) com e sem redução no software *Meshmixer*® versão 3.5, programa de design digital; 4-impressão dos modelos 3D em impressora *Gtmax*® Core A3.

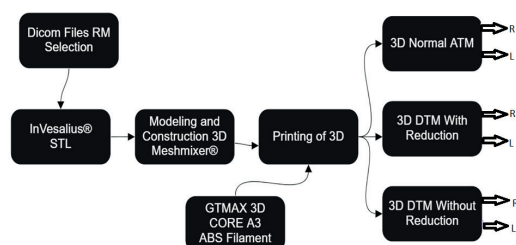


Figura 1 - Fluxograma de Criação e Verificação de produção

O modelo virtual foi arquivado em formato (.stl) e armazenado em banco de dados próprio para posterior garantia e uso em eventuais erros de impressão ou perda de dados em caso de pico ou queda de energia que resultem em instabilidade ou comprometimento de deposição dos filamentos. Seguindo esse fluxo, o arquivo foi transferido ao programa de criação de plano 3D *InVesalius*® e para manipulação e correção de malhas *Autodesk Meshmixer*®, versão 3.1 (Autodesk Inc., Califórnia, Estados Unidos). Neste, foi possível destacar as posições do disco articular, principal objetivo do estudo, sem o plexo auricular temporal: músculo pterigóideo lateral, membrana da cápsula articular, ligamentos e vasos sanguíneos.

Desse modo, o arquivo de *STL* foi preparado para a impressão no software de fatiamento de arquivo e transformado em *G-CODE* (linguagem padrão da impressora), licenciado pela UFAC, *Simplify3D*® 5.0, para os ajustes de eixos de impressão x, y, z para a correta deposição de filamento; primeiro sobre o suporte das peças e em seguida a construção dos modelos. A impressora foi carregada com 2kg de filamento acrilonitrila butadieno estireno (ABS), em seguida a mesa de deposição recebeu uma camada de líquido *A.Bond* para fixação dos modelos na plataforma de deposição. A mesa foi pré-aquecida à temperatura ideal, 110 °C, conforme orienta o fabricante da impressora, e uma vez apta ao descarregamento de filamento, ela recebeu o cartão memória, no qual estavam os 3 arquivos editados em *simplify.stl* para a impressão dos modelos 3D, cujo tempo total de impressão durou, aproximadamente, 57 horas, em 3 dias intercalados, conforme está destacado nos resultados.

RESULTADOS

A impressão de modelos 3D da disfunção temporomandibular, a partir do exame imagiológico de ressonância magnética, apresentou semelhança estética e anatômica de forma precisa, indispensável a construção de um planejamento e tratamento cirúrgico. Graças à possibilidade de correção da malha 3D, através da renderização do arquivo digital (Figura 2) em eventuais erros no fatiamento, os modelos foram impressos sem preenchimento interno, ou seja, modelos não maciços, para garantir leveza das peças e maior velocidade de deposição do ejetor de sólidos nos eixos x, y, z.



Figura 2 - Exame de ressonância magnética da articulação temporomandibular com e sem disfunção. Fonte: <https://edisciplinas.usp.br/mod/folder/view.php?id=2615128>

O tempo de edição dos arquivos em linguagem *Standard Triangle Language* (STL), no *Autodesk Meshmixer*®, foi equivalente a 20 minutos para o primeiro modelo com ATM em estado normal, ou seja, sem a característica da síndrome da disfunção temporomandibular (DTM), e de 60 minutos para o segundo e o terceiro modelos com a síndrome a DTM, totalizando 80 minutos de renderização do disco articular.

Os modelos foram classificados conforme estado de funcionalidade em relação ao problema e, para modelo do crânio com ATM normal, o tempo gasto com impressão foi de 1.149 minutos; crânio do DTM sem redução, de 1136 minutos, e Crânio com DTM com redução, 1165 minutos, totalizando um tempo de 3.450 horas de impressão dos modelos. Após a impressão dos modelos 3D, eles foram comparados à imagem de ressonância, a fim de que se descobrisse qualquer incompatibilidade de cada estágio da disfunção.

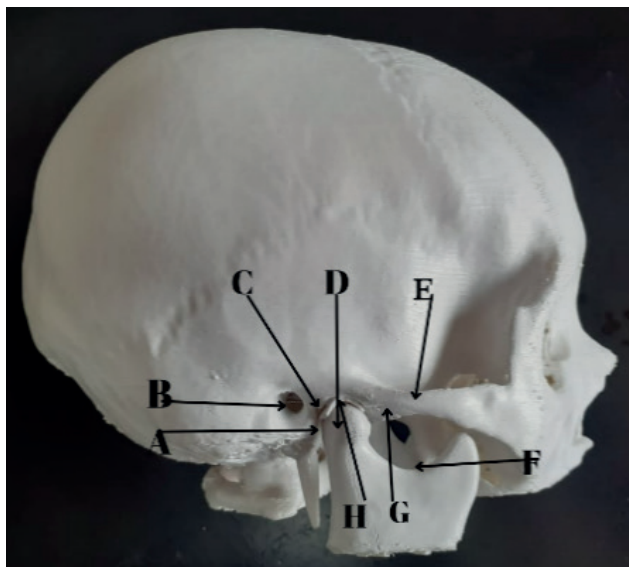


Figura 3 - Modelo 3D do crânio com disco articular bem posicionado na fossa mandibular: A-Espaço do plexo retrodiscal, B-Meato acústico externo, C-Fossa mandibular, D-Cabeça da mandíbula, E-Arco zigomático, F-Incisura da mandíbula, G-Tubérculo articular do osso temporal, H-Disco articular.

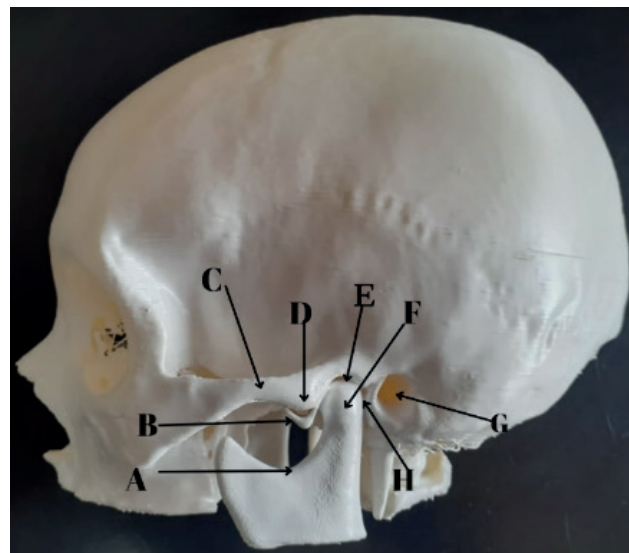


Figura 4 - Modelo 3D de crânio com disfunção temporomandibular com recaptura. A-Incisura da mandíbula, B-Disco articular, C-Arco zigomático, D-Incisura da mandíbula, E-Fossa mandibular, F-Cabeça da mandíbula, G-Meato acústico externo, H-Espaço do plexo retrodiscal.

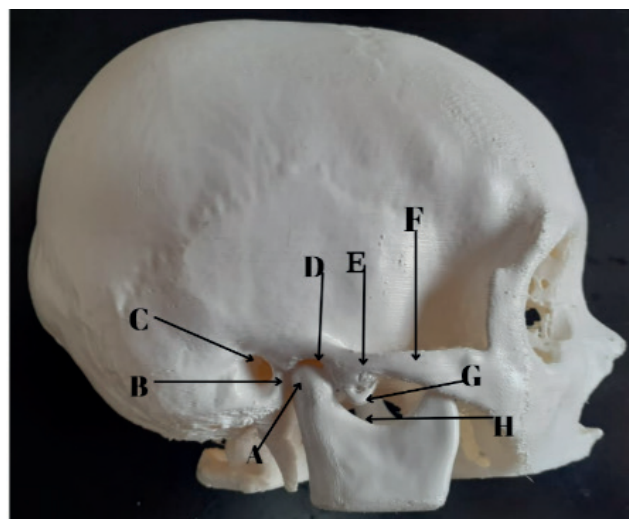


Figura 5 - Modelo 3D: Crânio com disfunção temporomandibular sem recaptura. A-Cabeça da mandíbula, B-Espaço do plexo retrodiscal, C-Meato acústico externo, D-Fossa mandibular, E-Incisura da mandíbula, F-Arco zigomático, G-Disco articular, H-Incisura da mandíbula.

DISCUSSÃO

O tratamento da disfunção temporomandibular varia de acordo com os achados clínicos e a gravidade da enfermidade. Para os casos que não envolvam apenas músculos da face têm-se as cirurgias de reposicionamento mandibular e as de ancoragem ou substituição articular. A artroscopia é considerada intervenção necessária quando não há resposta ao tratamento conservador, ela consiste na remoção da aderência discal permitindo abertura e fechamento bucal⁶. Embora seja um procedimento simples, Gross et al.⁷ lembram que essa modalidade cirúrgica requer do cirurgião a experiência cirúrgica somada a expertise em relação aos impactos positivos que o planejamento em modelos 3D pode oferecer, sobre pontos específicos e estratégicos da loja cirúrgica.

Ademais, partindo do princípio da adequação e da oportunidade de intervenção cirúrgica, a correção das discrepâncias articulares tem na ancoragem do disco articular, de região póstero-lateral da cabeça da mandíbula, oportunidade de otimizar e organi-

zar os movimentos de translação e rotação mandibular. Contudo, essa técnica cirúrgica tem desvantagem caso esse disco articular apresente alteração dimensional, fratura ou perfuração⁸. Para isso, Ren et al⁹. consideram que impressão 3D, assistida por desenho computadorizado, é fundamental para reproduzir, não somente peças biocompatíveis, como também o disco bicôncavo que se adapta à eminência articular e evitar insucessos de operação em caso de tecidos articulares inservíveis.

Outro procedimento importante no tratamento cirúrgico da DTM está a condilectomia, cujo procedimento resulta na remoção parcial do côndilo com diagnóstico de anquilose ou hiperplasia da cabeça da mandíbula. A impressão 3D personalizada da parte média e baixa da face vai auxiliar no planejamento dessa cirurgia para depois fazer o reparo na articulação temporomandibular conforme destacam Gibelli et al.¹⁰ Não somente isso, mas esse tipo de cirurgia tem como aspecto corrigir o alongamento uni ou bilateral do côndilo, o desvio contralateral do mento, o desalinhamento médio inferior, a mordida cruzada e a Classe III de ANGLE ipsilateral, e devido algumas especificações anatômicas, ela é considerada complexa por envolver músculos, artérias e nervos. Por isso, a impressão 3D contribui para certa precisão cirúrgica, proporciona ao especialista uma percepção de profundidade do espaço da zona bilaminar, possível existência proeminente do tubérculo articular, dimorfismo do côndilo da mandíbula e dimensão de espaçamento da fossa mandibular¹¹.

Nessa perspectiva clínica, deve-se atentar para a DTM causadora da descompensação discal, pois Arora et al.¹² sugerem que a tuberculotomia seja uma intervenção favorável para a subluxação dessa articulação. Nesse aspecto, a prototipagem rápida pode auxiliar na tomada de decisão, destacando as estruturas próximas do tubérculo articular do osso temporal, contribuindo para os limites do campo cirúrgico e assim, tornar a eminência óssea em uma superfície plana e suave para os movimentos de protusão e retrusão mandibular. Embora esse procedimento seja simples, é importante destacar que qualquer intervenção próxima do nervo facial, haverá risco aumentado de paralisia no nervo facial por causa da superficialidade do ramo. O emprego da impressão 3D destaca esses acidentes anatômicos, além de proporcionar demais localizações teciduais moles envolvidos nesse procedimento, condição observável à prevenção da paralisia hemifacial.¹³⁻¹⁵

Ademais, o uso do recurso de impressão 3D tem se tornado, fundamentalmente, uma aliada às tomadas de decisão sobre correção de trauma facial. Indispensável ao desenvolvimento de próteses ou peças anatômica de face, ela atua nas correções

de fraturas de nariz, de zigoma, de maxilar, de osso orbital, LeFort (I, II, III), nasossinusal, de mento e dos ossos temporais. Assim, com a capacidade de imprimir partes ósseas ausentes ou totalmente danificadas, ela auxilia para repor tecidos às ressecções de tumores malignos em região látero-frontal da mandíbula e da articulação temporomandibular, restaurando forma, função e estética, dando ao paciente aspecto natural da face já que a confecção em titânio customizada segue o formato dos contornos ósseos conforme destacam Zimmerer et al¹⁶.

Além da assistência guiada e construtora de peças anatômicas por similaridade anatomo-funcional, outro recurso tecnológico de impressão 3D é a bioimpressão presente na bioengenharia dos tecidos. Ela tem se destacado na produção de estruturas tridimensionais de tecidos e órgãos vivos usando células troncos autólogas e biomateriais para implantes e enxertos, com também para testes farmacológicos e medicina regenerativa¹⁷. Sobre essa temática, Wang et al¹⁸ destacam que apesar desse grande avanço, há muitos desafios a serem enfrentados e conquistados com a finalidade de reduzir os riscos da biorreabsorção e a, efetivamente, garantia da funcionalidade clínica

Portanto, conhecer a complexidade do conjunto anatomofisiológico dos terços superior, médio e inferior da face, fundamentalmente nela incluída incluída a articulação biginglimoartrodial, é essencial para o aperfeiçoamento das cirurgias de reparo e reconstrução de face. Somente através de modelos 3D e guias cirúrgicos personalizados é possível desenvolver desenhos cirúrgicos com encaixes anatômicos individualizados, com a finalidade de se alcançar parâmetros de diagnóstico mais precisos, redução do tempo de cirurgia, ampliada comunicação com o paciente e um melhor resultado estético¹⁹⁻²⁰.

CONCLUSÃO

Por fim, o desenvolvimento dos modelos 3D, como ferramenta de auxílio à cirurgia da DTM sem recaptura, foi capaz de demonstrar as estruturas que participam da articulação temporal, nelas envolvidas as partes ósseas e cartilaginosas. O design 3D impresso dessas estruturas destacou os estágios da disfunção articular sob aspecto clínico e conforme as imagens radiológicas, colaborando com o diagnóstico da disfunção temporomandibular, como também para uma melhora nas tomadas de decisão em equipes sobre cirurgias de reposicionamento do disco articular.

REFERÊNCIAS

1. American Academy of Orofacial Pain [Internet]. Epidemiology and Impact of Orofacial Pain; Most Common Orofacial Pain Disorders. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://aaop.org/>
2. Ton LAB, Mota IG, De Paula JS, Martins APVB. Prevalence of temporomandibular disorder and its association with stress and anxiety among university students. *Brazilian Dent Sci.* 2020;23(1):31-40. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://bds.ict.unesp.br/index.php/cob/article/view/1810>
3. Valesan LF, Cassia CD, Réus JC, Denardin ACS, Garanhani RR, Bonotto D, et al. Prevalence of temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021;25(2):441-53. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33409693/>
4. Delboni MEG, Abrão J. Estudo dos sinais de DTMempacientes ortodônticos assintomáticos. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2005;10(4):88-96. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dpress/a/d3dpNT9Ph5tWXMxQz8mH3F/>
5. Cavina SR, Vedovello SAS, Santos PR, Carneiro DPA, Venezan GC, Custódio W, et al. Affective relationships as predictors of TMD symptoms in young adults. *Rev Odontol da UNESP.* 2021;50:1-8. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rounesp/a/tbWcvTv7VX9nhfT3jQ6XShm/>
6. Henein P, Ziccardi VB. Temporomandibular Disorders: Surgical Implications and Management. *Dent Clin North Am.* 2023;67(2):349-65. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36965936/>
7. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chen C, Spence DM. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Anal Chem.* 2014;86(7):3240-53. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24432804/>
8. Haas OL, Becker OE, De Oliveira RB. Computer-aided planning in orthognathic surgery - Systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(3):329-42. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2014.10.025>
9. Ren Y, Xi Q, Zhang L, Liu H, Shi Y, Zhang M. Computer-aided design and three-dimensional-printed surgical templates for second-stage mandibular reconstruction. *J Craniofac Surg.* 2018;29(8):2101-5. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30320699/>
10. Gibelli D, Palamenghi A, Poppa P, Sforza C, Cattaneo C, De Angelis D. Improving 3D-3D facial registration methods: potential role of three-dimensional models in personal identification of the living. *Int J Legal Med.* 2021;135(6):2501-7. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00414-021-02655-3>
11. Khan J, Singer SR, Young A, Tanaiutchawoot N, Kalladka M, Mupparapu M. Pathogenesis and Differential Diagnosis of Temporomandibular Joint Disorders. *Dent Clin North Am.* 2023;67(2):259-80. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36965930/>
12. Arora A, Datarkar AN, Borle RM, Rai A, Adwani DG. Custom-made implant for maxillofacial defects using rapid prototype models. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013;71(2):e104-10. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2012.10.015>
13. Rengarajan V, Geng J, Huang Y. Fabrication of tapered 3d microstructure arrays using dual-exposure lithography (Del). *Micromachines.* 2020;11(10). [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33003512/>
14. Gross DJ, Andreis JD, Martins LD, Bortoluzzi MD, Jabur R, Gonçalves RCG. Facial D. Discopexia bilateral em paciente edêntula com dor orofacial. 1808;5210:41-4. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://www.revistacirurgiabmf.com/2019/01/Artigos/09Artigo.pdf>
15. Yilmaz YZ, Elkhathroushi T, Erdur ZB, Karaaltin MV, Çomunoğlu N, Batioğlu-Karaaltin A. The Use of Three-Dimensional Printed Technology for Mandibular Reconstruction in a Rare Case of Giant Odontogenic Myxofibroma. *J Craniofac Surg.* 2021;32(7):e618-20. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33654042/>

16. Zimmerer RM, Sander AK, Schönfeld A, Lethaus B, Gellrich NC, Neuhaus MT. Congenital Mandibular Hypoplasia: Patient-Specific Total Joint Replacement as a Line Extension in the Treatment of Complex Craniofacial Anomalies. *J Maxillofac Oral Surg*. 2023;22(2):410–8. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37122781/>
17. McMahon RE, Wang L, Skoracki R, Mathur AB. Development of nanomaterials for bone repair and regeneration. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2013;101 B(2):387–97. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jbm.b.32823>
18. Wang C, Huang W, Zhou Y, He L, He Z, Chen Z, et al. 3D printing of bone tissue engineering scaffolds. *Bioact Mater*. 2020;5(1):82–91. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31956737/>
19. Maydana AV, Tesch R de S, Denardin OVP, Ursi WJ da S, Dworkin SF. Possíveis fatores etiológicos para desordens temporomandibulares de origem articular com implicações para diagnóstico e tratamento. *Dental Press J Orthod*. 2010;15(3):78–86. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dpjo/a/5h6GtWby8NHfP5QXLmGNsCL/?format=pdf>
20. Hämmerle CHF, Cordaro L, van Assche N, Benic GI, Bornstein M, Gamper F, et al. Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference 2015. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26:97–101. [Acessado em 08 de mai 2023]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26385624/>