

**O USO DE PLACAS REABSORVÍVEIS E BIOMATERIAIS NO TRATAMENTO DE TRAUMAS FACIAIS: INDICAÇÕES E LIMITAÇÕES****THE USE OF RESORBABLE PLATES AND BIOMATERIALS IN THE TREATMENT OF FACIAL TRAUMA: INDICATIONS AND LIMITATIONS****EL USO DE PLACAS REABSORBIBLES Y BIOMATERIALES EN EL TRAUMA FACIAL: INDICACIONES Y LIMITACIONES**<https://doi.org/10.56238/ERR01v10n6-018>**Matheus Nole dos Santos Mota**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

E-mail: matheus.nole@ufpe.br

**Thiago Henrique José Galvão Lunardo**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

E-mail: thiago.lunardo@ufpe.br

**Alison Lourenço da Silva**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

E-mail: alison.lourenco@ufpe.br

**Pedro Henrique Pereira de Souza**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade de Pernambuco (UPE)

E-mail: pedro.pereirasouza@upe.br

**Maria Iolanda Ferreira Sant'ana Tavares de Lima**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade de Pernambuco (UPE)

E-mail: mariaiolanda.lima@upe.br

**Maria Clara Ramos Câmara**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

E-mail: mclararamos21@gmail.com

**Danilo Monteiro Falcão**

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

E-mail: danilomfalcao87@gmail.com

**Martinho Dinoá Medeiros Júnior**

Doutorado em Cirurgia

Instituição: Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

E-mail: martinho.medeirosjr@ufpe.br

**RESUMO**

Objetiva-se analisar as principais indicações e limitações do uso de placas reabsorvíveis e biomateriais no tratamento de fraturas faciais. Para tanto, a pesquisa foi feita em julho de 2025 na PubMed, ScienceDirect, Web of Science, com um lapso temporal de 5 anos. A estratégia de busca foi formulada com a conjugação dos descritores indexados no DeCS/MeSH “Bone plates”, “Biocompatible materials”, “Maxillofacial Surgery”, combinados aos operadores booleanos (OR e AND), e adaptados de acordo com as especificidades de cada base de dados. Os critérios de inclusão foram: artigos publicados nos últimos 5 anos (2020-2025), que atendessem ao objetivo da pesquisa, com texto completo disponível em inglês, português ou espanhol nas bases de dados. Em contrapartida, os critérios de exclusão foram textos que não respondessem à pergunta norteadora, estudos realizados com animais, artigos que não correspondiam ao escopo temático proposto, aqueles redigidos em idiomas diferentes dos previamente definidos, bem como artigos duplicados. A busca inicial resultou na identificação de 1211 artigos. Destes, 12 artigos foram incluídos na pesquisa a partir da exclusão de duplicatas e aplicação dos critérios de seleção. Desse modo, observa-se que o emprego de placas reabsorvíveis e outros biomateriais minimiza complicações tardias e assegura rigidez funcional adequada. No entanto, sob cargas biomecânicas elevadas, esses sistemas podem apresentar falhas, desencadear reações inflamatórias e prejudicar a consolidação óssea, o que evidencia que, na fixação, devem ser considerados o tipo de fratura, a função e o perfil do paciente.

**Palavras-chave:** Materiais Biocompatíveis. Fixação de Fratura. Cirurgia Bucal. Placas Ósseas.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to analyze the main indications and limitations of resorbable plates and biomaterials in the treatment of facial fractures. The search was conducted in July 2025 using PubMed, ScienceDirect, and Web of Science, covering a five-year time period. The search strategy consisted of a combination of the DeCS/MeSH descriptors "Bone plates," "Biocompatible materials," and "Maxillofacial Surgery," combined with Boolean operators (OR and AND), and adapted according to the specificities of each database. The inclusion criteria were: articles published in the last five years (2020–2025) that met the research objective, with full text available in English, Portuguese, or Spanish in the databases. Conversely, the exclusion criteria were texts that did not answer the guiding question, studies conducted with animals, articles that did not correspond to the proposed thematic scope, those written in languages other than those previously defined, and duplicate articles. The initial search resulted in the identification of 1,211 articles. Of these, 12 articles were included in the research after exclusion of duplicates and application of the selection criteria. Thus, it is observed that the use of resorbable plates and other biomaterials minimizes late complications and ensures adequate functional rigidity. However, under high biomechanical loads, these systems can fail, trigger inflammatory reactions, and impair bone healing, highlighting that, in fixation, the type of fracture, function, and patient profile must be considered.

**Keywords:** Biocompatible Materials. Fracture Fixation. Maxillofacial Surgery. Bone Plates.

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue analizar las principales indicaciones y limitaciones de las placas reabsorbibles y los biomateriales en el tratamiento de fracturas faciales. La búsqueda se realizó en julio de 2025 en PubMed, ScienceDirect y Web of Science, abarcando un período de cinco años. La estrategia de búsqueda consistió en una combinación de los descriptores DeCS/MeSH "Placas óseas", "Materiales biocompatibles" y "Cirugía maxilofacial", combinados con operadores booleanos (OR y AND), y adaptados según las particularidades de cada base de datos. Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en los últimos cinco años (2020-2025) que cumplieran el objetivo de la investigación, con texto completo disponible en inglés, portugués o español en las bases de datos. Por el contrario, los criterios de exclusión fueron textos que no respondieran a la pregunta guía, estudios realizados con animales, artículos que no correspondieran al alcance temático propuesto, aquellos escritos en idiomas diferentes a los previamente definidos y artículos duplicados. La búsqueda inicial resultó en la identificación de 1.211 artículos. De estos, 12 artículos fueron incluidos en la investigación después de la exclusión de duplicados y la aplicación de los criterios de selección. Así, se observa que el uso de placas reabsorbibles y otros biomateriales minimiza las complicaciones tardías y asegura una adecuada rigidez funcional. Sin embargo, bajo altas cargas biomecánicas, estos sistemas pueden fallar, desencadenar reacciones inflamatorias y perjudicar la consolidación ósea, destacando que, en la fijación, se debe considerar el tipo de fractura, la función y el perfil del paciente.

**Palabras clave:** Materiales Biocompatibles. Fijación de Fractura. Cirugía Bucal. Placas Óseas.

## 1 INTRODUÇÃO

A lesão do esqueleto facial demanda abordagem cirúrgica precisa, pois a anatomia complexa e as forças mastigatórias impõem desafios ao restabelecimento da forma e função. As fraturas mandibulares são responsáveis por cerca de 36 % dos casos no ângulo e 24 % na região parasinfisária, predominando em adultos jovens do sexo masculino, frequentemente associadas a agressões interpessoais e acidentes de trânsito (Pfister et al, 2024).

Historicamente, a fixação interna rígida com placas e parafusos de titânio estabeleceu-se como a conduta padrão, oferecendo excelente estabilidade mecânica. No entanto, este método não é isento de desvantagens, como a palpabilidade do implante, a interferência em exames de imagem, em 5% a 38% dos casos, a necessidade de uma segunda cirurgia para remoção do material, o que tem impulsionado a investigação de alternativas biocompatíveis e menos invasivas (Gareb et al, 2020).

Nesse cenário, a análise de elementos finitos (FEA) consolidou-se como uma valiosa ferramenta computacional para simular o comportamento biomecânico de novos materiais e implantes. Estudos que validaram modelos de FEA por meio de ensaios mecânicos com mandíbulas poliméricas confirmaram uma alta correspondência entre os dados simulados e os resultados experimentais. Essa abordagem permite otimizar o desenvolvimento de dispositivos, como implantes customizados para cada paciente, reduzindo a dependência de testes in vitro ou in vivo, que são demorados e dispendiosos (Daqiq et al, 2024).

Os polímeros bioabsorvíveis, com destaque para o ácido poli-L-láctico (PLLA) e seus compostos com hidroxiapatita (u-HA/PLLA), surgem como uma alternativa inovadora. Estudos com FEA avaliaram o potencial clínico da fixação com HA-PLLA em fraturas de ângulo e subcôndilo mandibulares (Jung et al, 2020). De forma similar, a investigação sobre placas trapezoidais de PLLA para fraturas subcondilares busca comparar suas propriedades biomecânicas com as do titânio, pois o formato e o posicionamento da placa influenciam diretamente a estabilidade da fixação (Yalcin et al, 2023).

Outra linha de investigação abrange ligas metálicas biodegradáveis, como as à base de magnésio (Mg), que unem resistência mecânica e a habilidade de serem absorvidas pelo corpo. O módulo de elasticidade do magnésio, que é semelhante ao do osso, contribui para reduzir o fenômeno de blindagem de estresse (Ahemad et al, 2025). Entretanto, a aplicação clínica desses materiais continua restrita por dificuldades como o controle da velocidade de degradação e a presença de reações inflamatórias locais causadas pelos subprodutos da degradação (Xin et al, 2022).

Apesar dos avanços, os sistemas biodegradáveis ainda exibem propriedades mecânicas inferiores às do titânio. Por essa razão, sua aplicação costuma ser restrita a áreas que não suportam grandes cargas, como em certas fraturas da mandíbula ou do terço médio da face (Gareb et al, 2020).

A seleção do sistema de fixação, portanto, deve ser criteriosa, considerando as demandas funcionais de cada caso específico.

Em síntese, embora as placas reabsorvíveis e os biomateriais sejam avanços importantes no tratamento de traumas faciais, trazendo benefícios como diminuir a necessidade de novas cirurgias e reduzir complicações que podem aparecer mais tarde, o uso desses materiais precisa ser bem avaliado. A escolha do método de fixação mais adequado deve levar em conta diversos fatores, como o tipo e a localização da fratura, as funções que a região afetada precisa manter ou recuperar, além das características biomecânicas e biológicas de cada material. Com isso em mente, este estudo tem como objetivo analisar as principais indicações e limitações do uso de placas reabsorvíveis e biomateriais no tratamento de fraturas faciais.

## 2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, realizada de acordo com a utilização da recomendação metodológica Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). O estudo foi conduzido em 7 etapas: (1) determinação da pergunta norteadora, (2) busca nas bases de dados informatizadas, (3) seleção dos estudos pela análise criteriosa de títulos e resumos, (4) elegibilidade a partir da leitura dos textos na íntegra, (5) avaliação dos estudos incluídos, (6) coleta e discussão dos resultados e (7) síntese do conhecimento. A pergunta PECO (Problema, Evento, Comparação e Desfecho) norteadora foi definida como: Quais são as indicações e limitações das placas reabsorvíveis e biomateriais no trauma facial?

A metodologia utilizada consistiu na realização de uma busca estruturada em bases de dados científicas, com o objetivo de identificar artigos relacionados ao uso de placas reabsorvíveis e biomateriais no tratamento de traumas faciais. Foram utilizados os seguintes descritores do DeCS/MeSH: biocompatible materials, fracture fixation, maxillofacial surgery e bone plates.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos publicados nos últimos 5 anos, disponíveis nos idiomas inglês, português e espanhol, que envolvessem estudos realizados em seres humanos e que estivessem disponíveis com acesso livre. Por outro lado, foram excluídos estudos realizados com animais, artigos que não correspondiam ao escopo temático proposto, aqueles redigidos em idiomas diferentes dos previamente definidos, bem como artigos duplicados. A estratégia de busca utilizou a expressão: "Bone plates" OR "Biocompatible materials" AND "Maxillofacial surgery" AND "Fracture fixation", aplicada nas seguintes bases de dados:

- PubMed: A busca inicial retornou 816 artigos. Com a aplicação dos filtros (últimos 5 anos, acesso livre, estudos com humanos e idiomas compatíveis), foram obtidos 37 resultados.

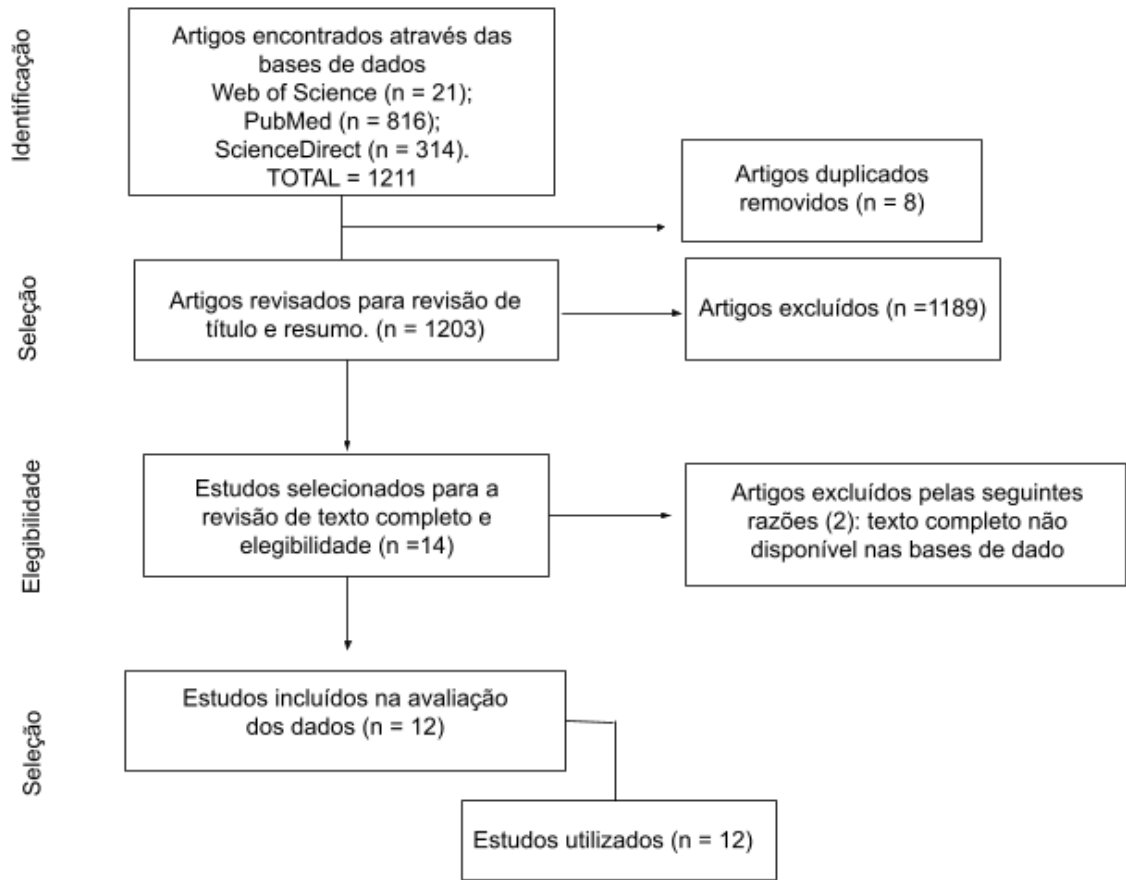
- ScienceDirect: A busca retornou inicialmente 374 artigos. Após aplicação dos filtros (últimos 5 anos e acesso livre), foram obtidos 24 artigos.
- Web of Science: A busca inicial gerou 21 artigos. Com os filtros dos últimos 5 anos, restaram 7 artigos.

A seleção dos artigos foi realizada por dois pesquisadores, de maneira independente e em duas etapas. Na primeira, foi feita a leitura dos títulos e resumos para avaliar a elegibilidade. Na segunda etapa, foi feita a leitura do texto completo dos artigos e aqueles que não atenderam ao objetivo do trabalho foram excluídos. Os dados de interesse extraídos dos artigos selecionados foram tabelados e submetidos a uma análise qualitativa.

### 3 RESULTADOS

A busca inicial resultou na identificação de 1211 artigos e após a aplicação do filtro de estudos dos últimos 5 anos foram identificados 68 estudos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, restaram 12 estudos que foram incluídos na presente pesquisa. Em relação ao país correspondente das pesquisas incluídas, 16,6% são da Turquia, 16,6% da Índia, 16,6% China e os demais são da Estados Unidos, Yemen, Alemanha, Países Baixos, Coreia do Sul e Suíça com uma porcentagem aproximada de 8,3% cada.

Figura 1: Fluxograma do processo de selecção dos estudos incluídos na presente revisão



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Tabela 1: Síntese dos estudos incluídos

| AUTOR/ANO/ PAÍS                        | TIPO DE ESTUDO                                      | OBJETIVO  | METODOLOGIA   | ACHADOS CLÍNICOS   |
|--|---|---|---|--|
| Daqiq, et al. (2024)<br>ESTADOS UNIDOS | Estudo experimental híbrido (in vitro e in silico). | Desenvolver um modelo de FEA (Análise por Elementos Finitos) validado para o tratamento de fraturas de mandíbula. | O estudo aplicou o princípio de simulação FEA para analisar a fixação de fraturas simples de sínfise mandibular, parassínfise e ângulo, com diferentes posições de placa, utilizando um sistema de miniplaca de 2,0 mm com 4 furos com parafusos maxDrive. As simulações FEA foram conduzidas no programa de simulação computacional com uma série de testes mecânicos de mandíbula polimérica Synbone (PMMT), usando uma bancada de teste mecânico com uma configuração de teste idêntica. | Os resultados da FEA e da PMMT foram semelhantes e, portanto, adequados para análises de tratamento simples de fraturas mandibulares. O modelo FEA pode ser aplicado para o tratamento não rotineiro de fraturas mandibulares complexas. |



|                                  |  |  |  |   |
|----------------------------------|--|--|--|---|
| Jung, et al. (2020)<br>YEMEN     | Estudo experimental e computacional (in silico)        | Avaliar biomecanicamente diferentes materiais de fixação (titânio, liga de magnésio, PLLA e HA-PLLA) em fraturas subcondilares unilaterais da mandíbula.                               | O modelo tridimensional da mandíbula foi construído com base em estudos anteriores, incluindo as estruturas ósseas cortical e esponjosa. A fratura foi simulada na região subcondilar, seguindo uma linha oblíqua entre a incisura sigmoide e a tuberosidade do masseter. O sistema de fixação consistiu em duas miniplacas de quatro furos e parafusos posicionados nas bordas anterior e posterior do processo condilar, configurando uma fixação em forma triangular. As miniplacas e os parafusos foram modelados em software CAD. Os materiais foram considerados homogêneos, isotrópicos e linearmente elásticos. Para representar as condições mastigatórias, foi aplicada uma carga variável no primeiro molar do lado não fraturado da mandíbula. As condições de contorno restringiram completamente o movimento dos dois côndilos mandibulares. | Materiais biodegradáveis, especialmente o HA-PLLA, apresentam desempenho biomecânico promissor, com menor deformação e maior resistência do que o PLLA convencional. O HA-PLLA pode representar uma alternativa viável em cenários clínicos que priorizem a bioabsorção e a redução de complicações relacionadas à presença de material permanente. |
| Yalcin, et al. (2023)<br>TURQUIA | Estudo experimental do tipo computacional (in silico). | Comparar o desempenho de placas trapezoidais de poli-L-ácido láctico (PLLA) e placas trapezoidais de titânio na fixação de fraturas mandibulares subcondilares, utilizando análise por | Foram avaliados os materiais de fixação e a micromobilidade relacionados à transferência de carga e à distribuição de tensões no osso e entre as linhas de fratura, bem como as tensões principais máxima e mínima, analisando-se os resultados de deformação total, compressão e tensão.  | Sugere-se que as placas trapezoidais de PLLA podem ser uma alternativa às placas trapezoidais de titânio, devido à sua estabilidade funcional e rigidez sob   |



|                                    |  |  |   |  |
|------------------------------------|--|--|---|--|
|                                    |  | elementos finitos.   | Nesse sentido, a partir de tomografias computadorizadas de um paciente, foi criado um modelo tridimensional do crânio, no qual as placas e parafusos foram aplicados virtualmente. Uma força de 250 N foi simulada sobre o primeiro molar para reproduzir a carga mastigatória.   | carga fisiológica.   |
| Pfister, et al. (2024)<br>ALEMANHA | Pfister et al. <sup>10</sup> (2024), Alemanha: estudo observacional retrospectivo. | Comparar dois designs diferentes de placas de osteossíntese tridimensionais quanto à sua adequação no tratamento de fraturas do ângulo mandibular, em termos de consolidação suficiente da fratura e complicações concomitantes. | <p>Foram avaliados 54 pacientes com 56 fraturas do ângulo mandibular. Foram analisados dois tipos diferentes de placas tridimensionais do sistema Medartis Trilock: (A) placa de desenho quadrado, com espessura de 1,0 mm, e (B) placa 3D de formato triangular, com espessura de 1,3 mm.</p> <p>Dados demográficos dos pacientes, mecanismo de fratura e detalhes intraoperatórios foram registrados durante um período médio de acompanhamento de 1 ano. Foram incluídos pacientes com fraturas simples do ângulo mandibular (unilaterais ou bilaterais), com ou sem outras fraturas craniofaciais.</p> <p>Todos os pacientes foram submetidos a redução aberta e fixação interna (RAFI) com placas fixadas por parafusos monocorticais, via abordagem intraoral, sob anestesia geral. No pós-operatório, os pacientes seguiram um protocolo padrão com uso de antibióticos e controle radiográfico periódico.</p> | Um tratamento adequado para fraturas do ângulo mandibular é viável com o uso de sistemas de placas de 1,0 mm de formato quadrado. O emprego de placas de osteossíntese tridimensionais mais espessas e de formato triangular parece prolongar substancialmente a duração da cirurgia e elevar o risco de complicações. |

|   |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
| <p>Gareb, et al. (2020)<br/>PAÍSES BAIXOS</p> | <p>Estudo<br/>experimental<br/>in vitro<br/>(laboratorial)</p>       | <p>Comparar as<br/>propriedades<br/>mecânicas de<br/>sistemas de<br/>osteossíntese<br/>biodegradáveis<br/>e de titânio</p>  | <p>O estudo avaliou e<br/>comparou as<br/>propriedades<br/>mecânicas de 15<br/>sistemas<br/>biodegradáveis e 6<br/>sistemas de titânio<br/>utilizados em cirurgias<br/>orais e maxilofaciais.<br/>Os materiais foram<br/>submetidos a diversos<br/>testes mecânicos —<br/>tração, flexão (side<br/>bending), torção e pull-<br/>out (extração dos<br/>pinos) — para simular<br/>forças fisiológicas<br/>encontradas no<br/>ambiente clínico.<br/>As simulações foram<br/>realizadas em blocos<br/>de PMMA (resina<br/>acrílica), que imitavam<br/>segmentos ósseos. Os<br/>testes mecânicos foram<br/>realizados seis vezes<br/>por sistema e por<br/>método de aplicação.</p> | <p>Os sistemas de<br/>osteossíntese<br/>em titânio<br/>demonstraram,<br/>de modo geral,<br/>propriedades<br/>mecânicas<br/>superiores aos<br/>sistemas<br/>biodegradáveis,<br/>apresentando<br/>maior<br/>resistência à<br/>tração, rigidez<br/>e resistência à<br/>torção.<br/>Portanto, a<br/>escolha entre<br/>sistemas de<br/>titânio ou<br/>biodegradáveis<br/>deve<br/>considerar o<br/>tipo de fratura,<br/>a localização<br/>anatômica, a<br/>carga<br/>funcional<br/>envolvida e as<br/>propriedades<br/>mecânicas<br/>específicas de<br/>cada sistema.</p> |
| <p>Krishnan, et al.<br/>(2024) ÍNDIA</p>      | <p>Estudo<br/>experimental<br/>computacional<br/>(in<br/>silico)</p> | <p>Avaliar o<br/>desempenho<br/>estrutural do<br/>novo material<br/>TMF8, como<br/>alternativa de<br/>baixo custo e<br/>livre de vanádio<br/>ao tradicional<br/>Ti-6Al-4V, no<br/>contexto de<br/>fixação interna<br/>de fraturas<br/>angulares da<br/>mandíbula.</p> | <p>O estudo utilizou a<br/>técnica de análise por<br/>elementos finitos<br/>(FEA) para comparar o<br/>desempenho<br/>biomecânico de dois<br/>materiais utilizados em<br/>placas de fixação para<br/>fraturas angulares da<br/>mandíbula: o<br/>tradicional Ti-6Al-4V<br/>e o novo material de<br/>baixo custo e livre de<br/>vanádio, TMF8.<br/>Para isso, foi criado um<br/>modelo tridimensional<br/>da mandíbula com base<br/>em uma tomografia<br/>computadorizada de<br/>um paciente saudável.<br/>Uma fratura foi<br/>simulada no ângulo<br/>mandibular esquerdo,<br/>sendo o modelo<br/>dividido em duas<br/>partes conectadas por<br/>uma placa e quatro</p>           | <p>O estudo<br/>concluiu que o<br/>material<br/>TMF8<br/>apresentou um<br/>desempenho<br/>biomecânico<br/>comparável ao<br/>Ti-6Al-4V,<br/>mesmo<br/>possuindo<br/>limite de<br/>escoamento e<br/>rigidez<br/>menores.<br/>Com isso, o<br/>TMF8 se<br/>mostra uma<br/>alternativa<br/>promissora e<br/>mais acessível<br/>para uso em<br/>implantes<br/>permanentes<br/>na<br/>reconstrução<br/>mandibular.</p>  |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | <p>parafusos. As propriedades mecânicas dos ossos e materiais foram aplicadas conforme dados da literatura. Foram simulados quatro cenários distintos de carga de mordida unilateral (clench canino e molar, direito e esquerdo), com aplicação progressiva de força. A análise considerou tensões nas placas e parafusos, deslocamentos e o gap (abertura) na linha de fratura, além das reações de força nos pontos de apoio mandibular.</p> |  |
|--|--|--|--|--|

|                                |  |  |   |   |
|--------------------------------|--|--|---|---|
| Ahemad, et al. (2025)<br>ÍNDIA | Estudo experimental computacional (in silico). | Comparar o desempenho biomecânico de parafusos bioabsorvíveis de magnésio com parafusos de titânio para fixação de fraturas da sínfise mandibular. | <p>Foram adquiridas tomografias computadorizadas (TC) de alta resolução de um indivíduo saudável, com dentição completa e sem anormalidades mandibulares. Esses dados foram processados no software MIMICS 17.0 para gerar um modelo tridimensional (3D) preciso da mandíbula. Em seguida, foram simuladas linhas de fratura na região da sínfise mandibular. Os modelos foram refinados e malhados no software 3-matic. Os parafusos, tanto de titânio quanto de magnésio, foram virtualmente inseridos no modelo da fratura. A malhagem foi realizada utilizando o software 3-matic para representar a geometria com precisão. A FEA (análise de elementos finitos) foi conduzida sob forças mastigatórias de 150 N (carga incisiva) e 550 N (carga molar), analisando a distribuição de tensões, o deslocamento e a estabilidade da fratura.</p> | Os parafusos de magnésio demonstraram estabilidade biomecânica comparável à dos parafusos de titânio, reduzindo significativamente as concentrações de estresse e transmitindo cargas de forma eficaz dentro dos limites de consolidação óssea. |
|--------------------------------|--|--|---|---|

|                            |   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|---|
| Li, et al. (2022)<br>CHINA | Estudo tipo experimental computacional (in vitro) | Elucidar os efeitos biomecânicos de fraturas unilaterais da base condilar mandibular submetidas à redução aberta e fixação interna (RAFI), considerando diferentes locais e materiais de fixação. | Foram confeccionados modelos tridimensionais da mandíbula humana a partir de tomografias computadorizadas de alta resolução de um voluntário saudável. Esses modelos foram usados para simular uma fratura unilateral da base do côndilo mandibular. Em seguida, foram testadas diferentes configurações de fixação interna com miniplacas e parafusos, utilizando dois tipos de materiais: titânio e u-HA/PLLA, em diferentes posições, avaliando tensão, deformidade do material e deslocamento. Oito modelos diferentes foram simulados com distintas combinações dessas posições e materiais. A análise foi realizada por meio de simulações biomecânicas baseadas em forças mastigatórias reais, aplicadas por sete músculos diferentes. | Os achados sugerem que tanto a borda posterolateral do ramo mandibular quanto a borda anterolateral ao longo da incisura sigmoide são cruciais para a RAFI de fraturas unilaterais da base condilar mandibular, independentemente do uso de dispositivos de titânio ou u-HA/PLLA. |
|----------------------------|---|---|---|---|

|                                      |                                     |   |  |   |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|---|
| Park, et al. (2025)<br>COREIA DO SUL | Estudo experimental in vitro        | Desenvolver e aprimorar o desempenho de placas ósseas biodegradáveis por meio do reforço com estereocomplexo de ácido polilático (s-PLA).   | O estudo foi conduzido em laboratório, envolvendo a preparação de amostras de placas ósseas a partir de misturas de PLLA (ácido poli-L-lático) e PDLA (ácido poli-D-lático) em diferentes proporções, com o objetivo de formar estruturas de estereocomplexo PLA (s-PLA). Com base nesses métodos, os pesquisadores analisaram o desempenho das diferentes formulações de s-PLA em comparação ao PLA convencional, visando propor um material mais adequado para uso em cirurgias maxilofaciais. | Várias placas ósseas fabricadas com materiais biodegradáveis, como o ácido polilático (PLA) e o copolímero de ácido polilático-co-glicólico (PLGA), apresentam vantagens importantes, como a biodegradabilidade e a compatibilidade e mecânica com os tecidos ósseos. No entanto, esses materiais ainda enfrentam limitações significativas, especialmente relacionadas à sua baixa resistência a impactos, o que compromete sua eficácia em aplicações que exigem fixação estável e duradoura. |
| Avci, et al. (2022)<br>TURQUIA       | Estudo tipo computacional in silico | Explorar a eficácia do Cfr-PEEK (polímero reforçado com fibra de carbono) na fixação de fraturas desfavoráveis do ângulo mandibular, comparando-o com o titânio e com biomateriais reabsorvíveis. | Foi criado um modelo tridimensional da mandíbula a partir de uma tomografia computadorizada. Uma fratura desfavorável do ângulo mandibular direito foi simulada. Esse modelo foi processado e adaptado com o auxílio de diversos softwares, com o objetivo de gerar malhas e permitir a simulação biomecânica. O estudo dividiu os casos em oito grupos: quatro grupos com uma   | O estudo demonstrou que o material Cfr-PEEK apresentou estabilidade biomecânica semelhante à do titânio, podendo ser uma alternativa promissora, especialmente por suas propriedades vantajosas, como menor rigidez e   |

|                             |  |  |   |   |
|-----------------------------|--|--|---|---|
|                             |  |  | única placa fixada na borda superior da fratura e quatro grupos com duas placas, sendo uma na borda superior e outra na borda inferior. As simulações aplicaram forças mastigatórias em duas situações: carga incisiva e carga molar.   | radiolucidez. Por outro lado, os sistemas reabsorvíveis apresentaram desempenho biomecânico inferior, com maiores deslocamentos e menor resistência.              |
| Xin, et al. (2022)<br>CHINA | Estudo clínico retrospectivo (2011-2021) | Comparar os resultados da osteossíntese com parafuso reabsorvível e com parafuso de titânio no tratamento de CMSF (fratura sagital do côndilo mandibular). | Os pacientes foram submetidos ao grupo teste A (parafuso reabsorvível) e ao grupo controle B (parafuso de titânio). A variável de desfecho primária foi a consolidação da fratura, enquanto a variável secundária incluiu alterações morfológicas condilares, como aparência radiográfica do côndilo, altura do ramo mandibular (ADM), diâmetro anteroposterior (DAP) e diâmetro mediolateral (DML) do côndilo. Essas variáveis foram avaliadas comparando-se as imagens de tomografia computadorizada obtidas uma semana após a cirurgia com as de três meses após a cirurgia. | A técnica de osteossíntese com parafusos reabsorvíveis é uma opção viável para a fixação dessas fraturas, além de ser amplamente utilizada no tratamento de CMSF. |



|                               |  |   |  |   |
|-------------------------------|--|---|--|---|
| Gareb, et al. (2022)<br>SUIÇA | Estudo tipo experimental computacional in silico | Investigar a influência do tipo de material e da direção de inserção do implante na distribuição de tensões em implantes dentários personalizados de zircônia, submetidos a diferentes forças oclusais. | Neste estudo in silico, foi empregada a técnica de análise por elementos finitos (FEA) para avaliar o comportamento biomecânico de implantes dentários personalizados, fabricados com diferentes materiais e posicionados em distintas orientações. A modelagem tridimensional foi baseada em imagens de tomografia computadorizada da região posterior da maxila. Foram simulados implantes confeccionados em zircônia convencional (Y-TZP), zircônia reforçada com 30% de fibra de vidro (30% GF-ZrO <sub>2</sub> ) e titânio grau 4, inseridos em duas orientações: paralela e angulada em relação à crista óssea. As forças aplicadas variaram entre 150 N e 600 N, em direções vertical e oblíqua (30°), simulando cargas mastigatórias fisiológicas. As simulações foram realizadas no software ANSYS, utilizando malhas com elementos tetraédricos, e analisando-se a distribuição de tensões (von Mises e tensões principais) no implante e nos tecidos ósseos ao redor. | Os resultados demonstraram que tanto o tipo de material quanto a direção de inserção do implante influenciam significativamente a distribuição de tensões. Entre os materiais, o titânio apresentou o melhor desempenho, com menores valores de tensão no osso e no próprio implante. A zircônia convencional apresentou os maiores picos de tensão, enquanto a zircônia reforçada com fibra de vidro mostrou desempenho intermediário, mais favorável do que a zircônia pura, embora ainda inferior ao titânio. Esses achados indicam que a zircônia reforçada pode ser uma alternativa viável ao titânio. |
|-------------------------------|--|---|--|---|

Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

4 DISCUSSÃO

4.1 PLACAS REABSORVÍVEIS X METÁLICAS NA PRÁTICA CLÍNICA

O sucesso no resultado clínico do tratamento de fraturas faciais depende da experiência do cirurgião e os materiais de fixação utilizados. Esses materiais requerem duas propriedades relevantes

para a sua aplicação: força mecânica e biocompatibilidade. Recentemente, o uso de biomateriais no tratamento cirúrgico de fraturas mandibulares (ângulo, subcondilares e de corpo) tem sido bastante discutido na literatura. Entretanto, ainda não existe um estudo que determine a melhor escolha entre placas bioreabsorvíveis e placas metálicas. Para Jung et al (2020), com base na avaliação biomecânica de materiais não biodegradáveis (titânio) e biodegradáveis (liga de magnésio, ácido poli-L- láctico e hidroxiapatita/poli-L-lactídeo) demonstrou que placas triangulares de hidroxiapatita/poli-L-lactídeo (HA-PLLA), uma combinação desses dois compostos e um material biodegradável, poderiam apresentar um resultado clínico favorável em fixação de fraturas subcondilares. Outros estudos demonstram resultados favoráveis quanto ao uso de placas metálicas de titânio em detrimento das placas reabsorvíveis no tratamento de fraturas mandibulares, com base em testes de tensão, flexão e torção (Gareb et al, 2020). Isso deve-se aos distintos sistemas de fixação utilizados em ambos os estudos, com propriedades e testes diferentes. Em contrapartida, alguns estudos demonstram preferência à escolha de placas reabsorvíveis quando comparadas ao uso de placas de titânio. Ahemad et al (2025) e Yalcin et al (2023) concluíram que a materiais bioreabsorvíveis, como as ligas de magnésio (Mg) e placas de ácido poli-L-láctico (PLLA) demonstram biomecânica comparável aos parafusos de titânio (Ti). Parâmetros como o deslocamento de fragmentos de fratura, deslocamento de parafusos, valores de deformação principal máxima foi avaliado em um dos estudos Ahemad et al (2025) e não apresentaram diferença significativa entre o uso de placas de PLLA ou placas de Ti e demonstraram maior estabilidade funcional e rigidez. Estudos com análise por elementos finitos (FEA) compararam ligas metálicas Ti-6Al-4V e TMF8, mostrando que placas Ti- 6Al-4V suportaram tensões acima do limite de escoamento em cargas variadas, com falha iniciando nas placas, enquanto TMF8 teve desempenho quase equivalente, com tensões ligeiramente menores, mas ainda dentro da faixa aceitável para uso clínico, sendo uma alternativa biocompatível e econômica para fixação em fraturas angulares mandibulares (Li et al, 2022). Ainda, análise biomecânica de placas e parafusos em material Cfr-PEEK indicou que sistemas com esse material reduziram tensões nos dispositivos de fixação e proporcionaram maior estabilidade do que placas de titânio e materiais reabsorvíveis, sugerindo que Cfr-PEEK pode ser uma alternativa promissora para osteossíntese mandibular, especialmente em fraturas desfavoráveis do ângulo mandibular (Avci et al, 2022).

#### 4.2 INDICAÇÕES DAS PLACAS REABSORVÍVEIS

As placas reabsorvíveis têm se mostrado uma alternativa viável em casos selecionados de fraturas faciais, especialmente quando se busca evitar a necessidade de remoção cirúrgica do material de osteossíntese. Diversos estudos apontam que essas placas são indicadas, principalmente, para fraturas em regiões de menor exigência mecânica ou em populações específicas, como crianças e

adolescentes, devido à sua biocompatibilidade e à reabsorção progressiva do material. O estudo de Jung et al (2020) demonstrou que o material HA-PLLA apresenta desempenho clínico favorável na fixação de fraturas subcondilares, com deformação inferior a 0,16mm mesmo sob carga de 600 N, o que reforça sua aplicabilidade em fraturas de baixa carga funcional. Complementando esse achado, Yalcin et al (2023) observou que placas trapezoidais de PLLA proporcionam rigidez funcional comparável às de titânio, sugerindo sua indicação em fraturas subcondilares com estabilidade adequada. No caso de fraturas mandibulares sem carga ou osteotomias, especialmente em situações onde se prevê maior torque, o sistema biodegradável Inion CPS de 2,5 mm foi recomendado por Gareb et al (2020) devido à sua maior rigidez à torção e tração entre os biodegradáveis avaliados. Tais achados reforçam que as indicações para uso das placas reabsorvíveis devem considerar o tipo de fratura, a localização anatômica, a demanda funcional do local e as características do biomaterial, devendo ser cuidadosamente individualizadas para garantir sucesso clínico e evitar falhas na consolidação óssea. O tratamento de fraturas sagitais do côndilo mandibular com parafusos reabsorvíveis demonstrou resultados clínicos equivalentes aos parafusos de titânio em termos de abertura bucal, restauração da oclusão e ausência de complicações significativas, com cicatrização adequada e sem alterações morfológicas no côndilo avaliadas por tomografia, indicando segurança e eficácia dessa técnica em fraturas condilares (Xin et al, 2022).

#### 4.3 LIMITAÇÕES E DESAFIOS CLÍNICOS DO USO DE PLACAS REABSORVÍVEIS

Apesar das vantagens clínicas associadas às placas reabsorvíveis, como a eliminação da necessidade de remoção cirúrgica e a elevada biocompatibilidade, seu uso ainda apresenta limitações importantes que restringem sua aplicação em determinados tipos de fratura. Estudos demonstram que esses materiais, em geral, possuem menor resistência mecânica quando comparados aos sistemas metálicos, o que pode comprometer a estabilidade em fraturas submetidas a cargas elevadas. Gareb et al (2020) observaram que todos os sistemas biodegradáveis avaliados apresentaram desempenho inferior em testes de tração, flexão e torção em relação aos sistemas de titânio, o que evidencia uma menor rigidez estrutural e maior propensão à deformação dos dispositivos absorvíveis. Essa limitação é especialmente relevante em regiões anatômicas que sofrem intensa carga funcional, como a sínfise e o ângulo mandibular, onde a resistência à tração e à torção é fundamental para o sucesso da osteossíntese. Ainda, os próprios autores indicam que, entre os sistemas biodegradáveis, somente alguns — como o Inion CPS 2,5 mm — alcançaram níveis mínimos adequados de rigidez à torção, sendo recomendados apenas para fraturas mandibulares sem carga ou osteotomias (Gareb et al, 2020). Outro desafio é o risco de reabsorção precoce ou incompleta das placas, o que pode comprometer a estabilidade do foco de fratura antes da consolidação óssea completa (Jung et al, 2020). Além disso,

produtos de degradação, como ácido lático, podem induzir reações inflamatórias locais, causando edema, dor e até interferência no processo de cicatrização óssea (Yalcin et al, 2023). Tais efeitos adversos são relatados na literatura como fatores limitantes, especialmente quando há retenção prolongada de fragmentos poliméricos. Soma-se a isso o custo ainda elevado de muitos sistemas biodegradáveis disponíveis comercialmente, o que restringe seu uso rotineiro em muitos serviços de saúde (Gareb et al, 2020). Portanto, embora as placas reabsorvíveis representem uma opção atraente em contextos específicos, sua aplicação clínica exige criteriosa seleção de casos, adequada avaliação do local da fratura, do tipo de carga envolvida e da resposta biológica esperada ao biomaterial. Revisão de metais biodegradáveis evidencia que ligas de magnésio e zinco possuem grande potencial clínico, mas enfrentam desafios na velocidade de degradação e na resistência mecânica, o que limita sua aplicação clínica atual, recomendando-se avanços como impressão 3D e modificações de superfície para ampliar seu uso futuro (Xin et al, 2022).

#### 4.4 AVANÇOS TECNOLÓGICOS E NOVOS BIOMATERIAIS

Nas últimas décadas, a evolução dos materiais utilizados na fixação de fraturas faciais tem sido marcada pela introdução de novas ligas metálicas, polímeros reabsorvíveis e técnicas de simulação biomecânica que permitem maior precisão no planejamento cirúrgico. Um dos avanços mais significativos foi o uso da análise de elementos finitos (FEA), que oferece uma alternativa não invasiva, precisa e reprodutível para avaliar o comportamento mecânico de placas e parafusos em modelos tridimensionais da mandíbula. A validação desse modelo computacional por meio de testes físicos em mandíbulas poliméricas, como realizado por Daqiq et al (2024), permite sua aplicação em fraturas simples e complexas, reduzindo a dependência de testes in vitro dispendiosos e promovendo o desenvolvimento de implantes mais personalizados. Além disso, o surgimento de biomateriais como o HA-PLLA tem ampliado as possibilidades de uso de placas reabsorvíveis. No campo das ligas metálicas, a introdução do TMF8 — uma liga de titânio com molibdênio e ferro — representa um avanço importante ao combinar biocompatibilidade, custo reduzido e menor módulo de elasticidade, diminuindo o efeito de stress shielding observado com o Ti-6Al-4V tradicional. Segundo Krishnan et al (2024), a liga TMF8 apresentou desempenho biomecânico semelhante ao Ti-64, sendo considerada uma alternativa viável e acessível para placas de fixação em fraturas do ângulo mandibular. Já no campo dos materiais bioabsorvíveis metálicos, os parafusos de magnésio vêm ganhando destaque por aliar boa resistência mecânica, biodegradação controlada e potencial osteopromotor. Ahemad et al (2025) demonstraram que esses parafusos oferecem estabilidade comparável aos de titânio em fraturas da sínfise mandibular, com menor concentração de tensões e sem prejuízo da estabilidade da fratura, o que reforça sua aplicação clínica promissora. Esses avanços tecnológicos evidenciam uma tendência

crescente na busca por biomateriais que combinem desempenho mecânico confiável com maior segurança biológica, oferecendo alternativas que minimizem complicações associadas aos materiais tradicionais e ampliam as opções terapêuticas em cirurgia maxilofacial.

## 5 CONCLUSÃO

As placas reabsorvíveis e outros biomateriais representam um avanço considerável no tratamento do trauma facial, particularmente devido à sua capacidade de evitar a necessidade de intervenção cirúrgica subsequente para remoção, além de sua eficácia em reduzir complicações tardias devido a sua biocompatibilidade. Essas tecnologias são predominantemente recomendadas para fraturas submetidas a baixas cargas biomecânicas (como fraturas subcondilares, sínfise e angulares em pacientes pediátricos ou imunocomprometidos), pois oferecem rigidez funcional suficiente, visto que sistemas como hidroxiapatita, ácido poli-L-láctico e ligas de magnésio possuem desempenho semelhante ao titânio quando submetidos a cargas moderadas.

No entanto, quando tais sistemas são submetidos à cargas elevadas, esses materiais podem comprometer a estabilidade em fraturas expostas em razão de sua resistência mecânica inferior à dos sistemas metálicos. Além disso, caso haja degradação prematura ou incompleta desses materiais, pode-se observar reações inflamatórias associadas aos subprodutos, microdeslocamentos e falhas na consolidação. Dessa forma, a escolha do sistema de fixação deve considerar criteriosamente o tipo e localização da fratura, a demanda funcional e o perfil biológico do paciente, sempre pautada pelo equilíbrio entre inovação e segurança clínica.

Por fim, os avanços tecnológicos, como a impressão 3D, as modificações de superfície e o desenvolvimento de novas ligas (como TMF8 e Cfr-PEEK) sinalizam um futuro promissor na evolução dos biomateriais. A tendência é que, com essas inovações, seja possível fabricar implantes cada vez mais personalizados, adaptados à anatomia e às necessidades de cada paciente, com controle mais seguro da taxa de reabsorção e melhor integração tecidual. Isso permitirá ampliar de forma responsável as indicações clínicas dos sistemas reabsorvíveis, promovendo tratamentos mais eficientes, com menor morbidade e maior qualidade de vida para os pacientes.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nosso sincero agradecimento a todos os colegas coautores que contribuíram para a construção deste artigo. Cada etapa deste trabalho foi enriquecida pelo comprometimento, pelas discussões produtivas e pelo compartilhamento de diferentes perspectivas e experiências. A dedicação conjunta foi fundamental para superar desafios, consolidar ideias e transformar reflexões em resultados

concretos. Este artigo é fruto de um esforço coletivo que evidencia a importância da colaboração acadêmica, e cada contribuição foi essencial para a qualidade e a completude deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- AHEMAD, A. Z. et al. Biomechanical Comparison of Magnesium Bioresorbable and Titanium Lag Screws for Mandibular Symphysis Fracture Fixation: A Finite Element Analysis. *Journal of Stomatology Oral and Maxillofacial Surgery*, p. 102383, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2025.102383>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- AVCI, T.; OMEZLI, M.M.; TORUL, D. Investigation of the biomechanical stability of Cfr-PEEK in the treatment of mandibular angulus fractures by finite element analysis. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 123, n. 6, p. 610- 615, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2022.05.008>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- DAQIQ, O. et al. Biomechanical assessment of mandibular fracture fixation using finite element analysis validated by polymeric mandible mechanical testing. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 11795, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62011-4>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- GAREB, B. et al. Comparison of the mechanical properties of biodegradable and titanium osteosynthesis systems used in oral and maxillofacial surgery. *Scientific reports*, v. 10, n. 1, p. 18143, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75299-9>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- GAREB, B. et al. Titanium or biodegradable osteosynthesis in maxillofacial surgery? In vitro and in vivo performances. *Polymers*, v. 14, n. 14, p. 2782, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym14142782>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- JUNG, B. T. et al. Biomechanical evaluation of unilateral subcondylar fracture of the mandible on the varying materials: A finite element analysis. *PLoS One*, v. 15, n. 10, p. e0240352, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240352>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- KRISHNAN, A. V. et al. Performance evaluation of a low-cost Ti-Mo-Fe (TMF8) as a replacement for Ti-6Al-4V for internal fixation implants used in mandibular angular fractures: a finite element analysis study. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, v. 35, n. 1, p. 1-15, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10856-024-06842-7>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- LI, J. et al. Biomechanical evaluation of various internal fixation patterns for unilateral mandibular condylar base fractures: A three-dimensional finite element analysis. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 133, p. 105354, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2022.105354>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- PARK, S. J. et al. Enhancing Biodegradable Bone Plate Performance: Stereocomplex Polylactic Acid for Improved Mechanical Properties and Near- Infrared Transparency. *Biomacromolecules*, v. 26, n. 4, p. 2390-2401, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.4c01768>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- PFISTER, J. et al. Clinical results of two different three-dimensional plate types for the treatment of mandibular angle fractures: a retrospective analysis. *Oral and maxillofacial surgery*, v. 28, n. 4, p. 1501-1507, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10006-024-01275-6>. Acesso em: 23 jul. 2025.



XIN, X. et al. Treatment of sagittal fracture of the mandibular condyle using resorbable-screw osteosynthesis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 80, n. 7, p. 1207-1214, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joms.2022.03.010>. Acesso em: 23 jul. 2025.

YALCIN, B. K. Biomechanical comparison of titanium and poly-L-lactic acid trapezoidal plates applied in a subcondylar fracture model. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 34, n. 6, p. 1737-1740, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000009238>. Acesso em: 23 jul. 2025.