

APLICAÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PLANEJAMENTO E NA PREDIÇÃO DE RESULTADOS EM CIRURGIA ORTOGNÁTICA

**APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PLANNING AND
PREDICTING OUTCOMES IN ORTHOGNATHIC SURGERY**

Ciências da Saúde • 22/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/790021067](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/790021067)

Laura Cristina da Silva Faour-Velocci¹
Luiz Henrique do Nascimento Velocci²
Juliana Martins Ferreira³
Evandro da Silva Alves Sobrinho⁴
Erica Alves da Costa Souto de Araújo⁵
Carla Maria Melleiro Gimenez⁶
Giselle Miyuki Ishikawa⁷
Aline Nery Becca de Almeida⁸
Rodney Capp Pallotta⁹

RESUMO

A inteligência artificial tem ampliado suas aplicações na área da saúde, incluindo o planejamento e a predição de resultados em cirurgia ortognática, procedimento destinado à correção das deformidades dentofaciais. Nesse contexto, ferramentas baseadas em aprendizado de máquina e aprendizado profundo possibilitam o processamento de informações clínicas e radiográficas, contribuindo para análises mais objetivas e individualizadas. O objetivo deste estudo foi analisar as aplicações da inteligência artificial no planejamento e na predição de resultados em cirurgia ortognática, destacando suas contribuições e principais limitações. Foi realizada uma revisão de literatura, de abordagem descritiva e qualitativa, considerando 15 artigos científicos publicados entre 2021 e 2025. Os estudos analisados demonstraram aplicações da inteligência artificial na análise de imagens, determinação da necessidade de cirurgia, avaliação cefalométrica, planejamento tridimensional, definição dos movimentos ósseos, análise dos tecidos moles e simulação das alterações faciais pós-operatórias. Modelos de aprendizado profundo também apresentaram resultados promissores na previsão da resposta dos tecidos faciais aos movimentos esqueléticos e no suporte à tomada de decisão clínica. Entretanto, foram identificadas limitações relacionadas ao tamanho e à diversidade das amostras, à heterogeneidade dos protocolos, à capacidade de generalização e à necessidade de validação externa dos algoritmos. Conclui-se que a inteligência artificial apresenta potencial para tornar o planejamento da cirurgia ortognática mais preciso, eficiente, individualizado e previsível. Contudo, sua utilização deve permanecer associada à avaliação clínica e à experiência profissional, sendo considerada uma ferramenta complementar para o planejamento e a tomada de decisão terapêutica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Aprendizado de Máquina;

Aprendizado Profundo; Cirurgia Ortognática; Planejamento Cirúrgico; Imagem Tridimensional.

ABSTRACT

Artificial intelligence has expanded its applications in healthcare, including the planning and prediction of outcomes in orthognathic surgery, a procedure performed to correct dentofacial deformities. In this context, tools based on machine learning and deep learning enable the processing of clinical and radiographic information, contributing to more objective and individualized analyses. This study aimed to analyze the applications of artificial intelligence in the planning and prediction of outcomes in orthognathic surgery, highlighting its contributions and main limitations. A descriptive and qualitative literature review was conducted, including 15 scientific articles published between 2021 and 2025. The analyzed studies demonstrated applications of artificial intelligence in image analysis, determination of the need for surgery, cephalometric assessment, three-dimensional planning, definition of bone movements, soft tissue analysis, and simulation of postoperative facial changes. Deep learning models also showed promising results in predicting facial tissue responses to skeletal movements and supporting clinical decision-making. However, limitations were identified regarding sample size and diversity, protocol heterogeneity, generalizability, and the need for external validation of algorithms. It is concluded that artificial intelligence has the potential to make orthognathic surgery planning more accurate, efficient, individualized, and predictable. Nevertheless, its use should remain associated with clinical assessment and professional expertise, being considered a complementary tool for planning and therapeutic decision-making.

Keywords: Artificial Intelligence; Machine Learning; Deep Learning;

Orthognathic Surgery; Surgical Planning; Imaging; Three-Dimensional.

1. INTRODUÇÃO

A cirurgia ortognática constitui uma modalidade terapêutica destinada à correção de deformidades dentofaciais que comprometem a relação entre maxila, mandíbula, oclusão e estruturas faciais. O planejamento adequado é fundamental para determinar a necessidade da intervenção, estabelecer os movimentos dos segmentos ósseos e antecipar as alterações funcionais e estéticas decorrentes do procedimento. Nesse contexto, métodos computacionais baseados em inteligência artificial têm sido investigados como ferramentas capazes de analisar exames de imagem e reconhecer padrões associados à indicação cirúrgica. Modelos de aprendizado profundo aplicados a telerradiografias podem contribuir para uma avaliação mais objetiva dos pacientes e fornecer informações adicionais para a tomada de decisão clínica (SHIN *et al.*, 2021).

A incorporação de tecnologias digitais ao planejamento da cirurgia ortognática também permitiu ampliar a capacidade de prever modificações nos tecidos moles decorrentes dos movimentos esqueléticos. A relação entre o reposicionamento ósseo e a resposta da superfície facial apresenta elevada complexidade e pode variar consideravelmente entre os pacientes. Modelos baseados em aprendizado profundo vêm sendo empregados para interpretar dados provenientes de fotografias tridimensionais e tomografia computadorizada de feixe cônico, possibilitando simulações individualizadas da aparência facial após a intervenção. Em pacientes submetidos ao avanço mandibular, modelos de

aprendizado profundo demonstraram erro absoluto médio de aproximadamente 1,0 mm na região inferior da face, indicando potencial clínico para a previsão tridimensional dos tecidos moles (TER HORST *et al.*, 2021).

A inteligência artificial aplicada à cirurgia ortognática abrange diferentes etapas do processo assistencial, incluindo diagnóstico, determinação da necessidade de cirurgia, planejamento dos movimentos ósseos, análise cefalométrica, segmentação de estruturas anatômicas e previsão dos resultados pós operatórios. Técnicas de aprendizado de máquina e aprendizado profundo permitem processar grandes quantidades de informações clínicas e radiográficas e identificar relações que podem não ser facilmente percebidas por métodos convencionais. A literatura demonstra que esses sistemas apresentam resultados promissores e podem atuar como instrumentos complementares ao julgamento profissional, especialmente em situações que envolvem múltiplas variáveis anatômicas e terapêuticas (KHANAGAR *et al.*, 2022).

Outra aplicação relevante da inteligência artificial está relacionada à modelagem biomecânica da deformação facial. Tradicionalmente, a previsão das alterações dos tecidos moles após movimentos maxilomandibulares depende de modelos computacionais complexos, que podem exigir considerável tempo de processamento e preparação. O desenvolvimento de redes neurais profundas possibilitou criar estratégias capazes de aprender relações entre deslocamentos ósseos e deformações faciais diretamente a partir de dados previamente registrados. Esses modelos podem acelerar as simulações e favorecer a avaliação de diferentes possibilidades cirúrgicas durante a fase de planejamento,

contribuindo para uma representação mais eficiente das alterações esperadas na face do paciente (LAMPEN *et al.*, 2022).

Este artigo tem como objetivo, analisar as aplicações da inteligência artificial no planejamento e na predição de resultados em cirurgia ortognática, destacando sua contribuição na análise de imagens, indicação cirúrgica, planejamento tridimensional, definição dos movimentos ósseos e previsão das alterações faciais pós operatórias, bem como suas principais limitações e sua utilização como ferramenta complementar à tomada de decisão clínica.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apesar dos avanços observados, a utilização clínica da inteligência artificial em cirurgia ortognática ainda exige cautela quanto à generalização dos modelos, à diversidade das amostras utilizadas no treinamento e à validação externa dos algoritmos. A precisão de um sistema pode variar de acordo com características populacionais, protocolos de aquisição de imagens e tipos de deformidades dentofaciais incluídos nas bases de dados. Dessa maneira, a inteligência artificial deve ser compreendida como uma tecnologia de apoio ao planejamento e à predição dos resultados, mantendo a avaliação individualizada e a experiência profissional como componentes essenciais da decisão terapêutica. As evidências disponíveis demonstram potencial significativo da inteligência artificial, mas também indicam a necessidade de aperfeiçoamento e validação clínica contínua dos sistemas desenvolvidos (MOHAIDEEN *et al.*, 2022).

O planejamento pré operatório da cirurgia ortognática requer a análise integrada da morfologia craniofacial, da posição dos

maxilares, da oclusão e das características dos tecidos moles. A inteligência artificial tem permitido transformar essas informações em variáveis capazes de alimentar modelos preditivos para estimar os movimentos cirúrgicos necessários. Um modelo denominado VSP Transformer foi desenvolvido utilizando análise cefalométrica tridimensional e arquitetura baseada em Transformer para prever vetores de reposicionamento dos maxilares. O sistema foi desenvolvido com 383 casos e posteriormente testado clinicamente em 49 pacientes, apresentando erro absoluto médio de 1,34 mm no teste clínico, resultado que demonstra a possibilidade de empregar aprendizado profundo diretamente no planejamento virtual da cirurgia ortognática (CHENG *et al.*, 2023).

A utilização de ferramentas digitais associadas à inteligência artificial também favorece a integração entre diagnóstico, simulação cirúrgica e avaliação dos possíveis resultados. Sistemas computacionais podem auxiliar na identificação de estruturas anatômicas, análise da morfologia facial, diferenciação entre tratamento exclusivamente ortodôntico e tratamento ortodôntico cirúrgico e previsão das mudanças relacionadas à intervenção. Essas aplicações tornam o planejamento virtual mais abrangente ao possibilitar que diferentes informações sejam processadas conjuntamente. Entretanto, a interpretação dos resultados gerados pelos algoritmos deve permanecer vinculada à avaliação clínica, uma vez que fatores individuais e objetivos terapêuticos também influenciam a escolha da estratégia cirúrgica (KATO *et al.*, 2023).

A previsão simultânea das estruturas ósseas e da superfície facial representa uma das áreas mais importantes para o desenvolvimento da inteligência artificial aplicada ao planejamento ortognático. Redes neurais capazes de aprender transformações entre estruturas

esqueléticas e tecidos faciais permitem estimar como determinada alteração óssea poderá repercutir na aparência externa do paciente. Modelos de convolução ponto a ponto foram desenvolvidos para representar essas relações tridimensionais e demonstraram melhoria na previsão das formas ósseas e faciais quando comparados a abordagens anteriores. A possibilidade de realizar previsões bidirecionais amplia o potencial dos sistemas computacionais para auxiliar na definição dos movimentos cirúrgicos e na visualização dos resultados esperados (MA *et al.*, 2023a).

Além da previsão entre estruturas ósseas e faciais, modelos de aprendizado geométrico profundo vêm sendo empregados para simular diretamente a aparência facial pós operatória. Essa abordagem utiliza dados tridimensionais para aprender as relações não lineares existentes entre modificações esqueléticas e alterações da superfície da face. Um modelo desenvolvido especificamente para essa finalidade apresentou velocidade de simulação aproximadamente 15 vezes superior à de um método baseado em elementos finitos utilizado como referência, mantendo precisão comparável. Essa característica pode facilitar a realização de múltiplas simulações durante o planejamento e permitir que diferentes possibilidades de movimentação dos maxilares sejam avaliadas de forma mais rápida (MA *et al.*, 2023b).

A capacidade da inteligência artificial de prever modificações faciais após a cirurgia ortognática tem sido avaliada por estudos que analisam diferentes algoritmos de aprendizado de máquina e aprendizado profundo. Os resultados disponíveis demonstram desempenho promissor na previsão das alterações dos tecidos moles, embora existam diferenças de precisão entre regiões faciais e

entre os métodos empregados. Revisões da literatura também apontam limitações relacionadas ao tamanho das amostras, heterogeneidade dos protocolos e ausência de validação externa em parte dos estudos. Dessa forma, embora os algoritmos apresentem potencial para aumentar a precisão da previsão facial, ainda são necessárias bases de dados maiores e mais diversificadas para fortalecer sua aplicabilidade clínica (ALMARHOUMI, 2024).

A análise facial automatizada representa outra possibilidade de utilização da inteligência artificial no planejamento ortognático. Redes neurais podem identificar pontos e proporções faciais em fotografias, reduzindo etapas manuais e permitindo a obtenção automatizada de medidas relevantes para a avaliação do paciente. Um programa baseado em rede neural artificial foi desenvolvido para detectar medidas faciais utilizadas no planejamento da cirurgia ortognática e conseguiu identificar automaticamente sete medidas sem discrepâncias estatisticamente significativas em relação às medidas reais, enquanto duas apresentaram diferenças significativas. Esses resultados demonstram que a automação da análise facial é tecnicamente possível, embora o treinamento com bancos de dados maiores seja necessário para ampliar a robustez do sistema (BARBOSA *et al.*, 2024).

A inteligência artificial também pode auxiliar na escolha da sequência terapêutica em pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico cirúrgico. A abordagem denominada *surgery first* permite que determinados pacientes realizem inicialmente a cirurgia ortognática e posteriormente o tratamento ortodôntico, mas sua indicação depende de características específicas da deformidade e da oclusão. Modelos de aprendizado profundo foram desenvolvidos para diferenciar pacientes candidatos à abordagem

surgery first daqueles indicados para a sequência convencional, utilizando telerradiografias laterais e imagens de modelos dentários tridimensionais. O processamento conjunto dessas informações demonstra como a inteligência artificial pode contribuir para decisões terapêuticas que antecedem a execução do procedimento cirúrgico (CHANG, 2024).

Sistemas de suporte à decisão baseados em aprendizado de máquina podem integrar informações clínicas e cefalométricas para auxiliar tanto no diagnóstico quanto na elaboração do planejamento ortognático. Esses sistemas são particularmente relevantes diante da variedade de deformidades dentofaciais e das múltiplas possibilidades de movimentos cirúrgicos. A análise automatizada de padrões pode fornecer sugestões baseadas em dados previamente utilizados para treinamento, permitindo uma avaliação quantitativa complementar ao julgamento profissional. A aplicação de aprendizado de máquina em sistemas de suporte à decisão demonstrou capacidade de contribuir para a classificação das deformidades e para a seleção de estratégias terapêuticas, evidenciando o potencial da inteligência artificial na personalização do planejamento (DU *et al.*, 2024).

A definição da necessidade de cirurgia ortognática pode ser desafiadora em pacientes limítrofes, nos quais tanto a compensação ortodôntica quanto o tratamento combinado podem ser considerados. Modelos de aprendizado de máquina podem utilizar características cefalométricas dos tecidos duros e moles para estimar a probabilidade de indicação cirúrgica. Em estudo envolvendo 920 radiografias laterais, diferentes algoritmos foram avaliados para distinguir pacientes tratados apenas ortodonticamente daqueles submetidos à cirurgia ortognática

associada à ortodontia. A combinação de dez modelos apresentou melhor desempenho nos pacientes Classe III, alcançando área sob a curva de 0,89, demonstrando que a inteligência artificial pode fornecer informações adicionais para decisões clínicas complexas (OLIVEIRA *et al.*,2024).

Embora a inteligência artificial apresente resultados promissores, seu desempenho não é necessariamente superior aos métodos estatísticos convencionais em todas as regiões da face. Uma comparação envolvendo 705 pacientes avaliou um modelo de rede neural profunda e métodos tradicionais de regressão para prever posições de pontos de tecidos moles após tratamento ortodôntico cirúrgico. O método baseado em inteligência artificial apresentou melhor desempenho em alguns pontos localizados na região inferior da mandíbula e do pescoço, enquanto outro método estatístico apresentou maior precisão em diferentes pontos situados acima do lábio superior. Esses resultados reforçam que a combinação entre diferentes métodos pode ser mais adequada do que a substituição indiscriminada das técnicas convencionais por inteligência artificial (PARK *et al.*,2024).

3. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura, de abordagem descritiva e qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar as aplicações da inteligência artificial no planejamento e na predição de resultados em cirurgia ortognática. A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus e Google Acadêmico, considerando artigos científicos publicados entre 2021 e 2025. Para a identificação dos estudos, foram utilizados termos relacionados a “Artificial Intelligence”, “Machine

Learning”, “Deep Learning”, “Orthognathic Surgery”, “Surgical Planning” e “Outcome Prediction”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. Foram incluídos artigos disponíveis em português ou inglês que abordassem a utilização da inteligência artificial no diagnóstico, planejamento, tomada de decisão, simulação tridimensional ou predição de resultados em cirurgia ortognática. Foram excluídos estudos publicados fora do período estabelecido, trabalhos duplicados, publicações sem relação direta com o tema e estudos que abordavam inteligência artificial sem aplicação à cirurgia ortognática. Após a aplicação dos critérios de seleção, 15 artigos foram utilizados para compor a revisão. Os estudos selecionados foram analisados quanto aos objetivos, métodos, aplicações da inteligência artificial, resultados, desempenho dos modelos e limitações, possibilitando a comparação dos achados e a identificação das principais contribuições da inteligência artificial para o planejamento e a predição de resultados em cirurgia ortognática.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Os estudos analisados demonstram que a inteligência artificial vem assumindo papel crescente no planejamento e na predição de resultados em cirurgia ortognática, embora os autores apresentem enfoques distintos quanto às aplicações, limitações e perspectivas clínicas dessa tecnologia. Shin *et al.* (2021) concentraram sua investigação na capacidade de modelos de aprendizado profundo auxiliarem na identificação da necessidade de cirurgia ortognática a partir de telerradiografias, evidenciando que algoritmos podem reconhecer padrões associados às deformidades esqueléticas e contribuir para uma decisão terapêutica mais objetiva. Essa abordagem apresenta relação direta com o estudo de Oliveira *et al.*

(2024), que também avaliaram modelos computacionais destinados à diferenciação entre pacientes tratados apenas ortodonticamente e aqueles com indicação de tratamento ortodôntico cirúrgico. Enquanto Shin *et al.* (2021) enfatizaram a aplicação da inteligência artificial em exames radiográficos, Oliveira *et al.* (2024) ampliaram essa perspectiva ao demonstrar a possibilidade de integrar características cefalométricas dos tecidos duros e moles para aumentar a capacidade de classificação dos pacientes. A aproximação entre esses estudos evidencia uma evolução da inteligência artificial de sistemas direcionados ao reconhecimento de padrões radiográficos para modelos capazes de considerar diferentes componentes anatômicos envolvidos na tomada de decisão.

Nesse contexto, os resultados apresentados por Oliveira *et al.* (2024) reforçam a proposta inicial de Shin *et al.* (2021), pois ambos os trabalhos demonstram que a inteligência artificial pode atuar antes mesmo da fase de planejamento cirúrgico propriamente dita, auxiliando na definição da indicação terapêutica. Entretanto, Oliveira *et al.* (2024) destacaram que o desempenho pode variar de acordo com a classificação esquelética do paciente, indicando que a eficiência dos modelos não deve ser generalizada indiscriminadamente. Essa observação converge com as considerações apresentadas por Mohaideen *et al.* (2022), que ressaltaram a necessidade de cautela na interpretação dos resultados produzidos por algoritmos devido às diferenças existentes entre populações, bases de dados, protocolos radiográficos e metodologias empregadas durante o treinamento dos sistemas. Dessa forma, mesmo quando diferentes estudos apontam resultados favoráveis, a capacidade de reprodução desses

resultados em populações distintas permanece como aspecto fundamental para determinar a aplicabilidade clínica dos modelos.

Ao analisarem de maneira mais ampla as aplicações da inteligência artificial em cirurgia ortognática, Khanagar *et al.* (2022) e Mohaideen *et al.* (2022) apresentam perspectivas complementares. Khanagar *et al.* (2022) destacaram a utilização da inteligência artificial no diagnóstico, planejamento do tratamento e previsão do prognóstico, mostrando que sua aplicação ultrapassa a simples análise de imagens. Mohaideen *et al.* (2022), por sua vez, também reconheceram esse potencial, mas enfatizaram as limitações metodológicas ainda presentes nos estudos disponíveis. Assim, enquanto Khanagar *et al.* (2022) evidenciaram principalmente a amplitude das possibilidades clínicas da inteligência artificial, Mohaideen *et al.* (2022) chamaram atenção para a necessidade de validação externa e padronização metodológica antes da adoção ampla desses sistemas na prática clínica. Essa diferença de enfoque é importante, pois demonstra que o crescimento quantitativo das aplicações não significa necessariamente que todas estejam igualmente preparadas para utilização rotineira.

A comparação entre Khanagar *et al.* (2022) e Mohaideen *et al.* (2022) permite ainda compreender duas dimensões complementares da evolução tecnológica. A primeira corresponde à expansão das funções desempenhadas pelos algoritmos, enquanto a segunda está relacionada à qualidade das evidências que sustentam sua utilização. Nesse sentido, o fato de um modelo demonstrar elevada capacidade de classificação, segmentação ou previsão em determinado conjunto de dados não significa necessariamente que apresentará o mesmo comportamento diante de pacientes com características diferentes. Assim, os resultados apresentados pelos

autores sustentam a necessidade de avaliar simultaneamente o desempenho técnico e a capacidade de generalização das ferramentas antes de incorporá-las de maneira definitiva ao planejamento ortognático.

Essa preocupação também é compartilhada por Almarhoumi (2024), que analisou especificamente a capacidade da inteligência artificial de prever alterações faciais após a cirurgia ortognática. O autor identificou resultados promissores, mas destacou limitações relacionadas ao tamanho reduzido das amostras, à heterogeneidade dos protocolos e à ausência de validação externa em parte das pesquisas. Dessa forma, Almarhoumi (2024) reforça as observações de Mohaideen *et al.* (2022), demonstrando que o avanço tecnológico não elimina a necessidade de rigor metodológico. Em conjunto, esses estudos indicam que modelos altamente precisos em determinados bancos de dados podem apresentar desempenho diferente quando aplicados a outras populações ou condições clínicas. Essa questão assume importância particular na cirurgia ortognática, considerando a ampla diversidade de padrões esqueléticos, características faciais e objetivos terapêuticos encontrados entre os pacientes.

No campo específico da predição dos tecidos moles, Ter Horst *et al.* (2021) apresentaram resultados relevantes ao demonstrar que modelos de aprendizado profundo podem prever alterações tridimensionais da face após o avanço mandibular com erro absoluto médio próximo de 1,0 mm em determinadas regiões. Esse achado evidencia a possibilidade de empregar inteligência artificial não apenas para identificar candidatos à cirurgia, mas também para antecipar os resultados estéticos do procedimento. O estudo de Lampen *et al.* (2022) apresenta relação direta com essa proposta,

embora tenha abordado a questão sob uma perspectiva biomecânica. Os autores utilizaram aprendizado profundo para modelar deformações dos tecidos faciais decorrentes dos movimentos esqueléticos, demonstrando que redes neurais podem representar relações complexas entre deslocamentos ósseos e modificações da superfície facial. Os dois trabalhos convergem ao reconhecer que a resposta dos tecidos moles pode ser modelada computacionalmente a partir das alterações esqueléticas promovidas pela cirurgia.

Embora Ter Horst *et al.* (2021) e Lampen *et al.* (2022) tenham investigado a previsão de tecidos moles, seus trabalhos diferem quanto à estratégia utilizada. Ter Horst *et al.* (2021) direcionaram a análise para a previsão clínica da aparência facial após a cirurgia, enquanto Lampen *et al.* (2022) enfatizaram a modelagem biomecânica e a redução do tempo necessário para simulações. Dessa forma, os dois estudos são complementares, pois demonstram que a inteligência artificial pode contribuir tanto para a precisão da previsão quanto para a eficiência computacional do planejamento. Essa combinação é particularmente relevante para a rotina clínica, na qual é necessário obter resultados confiáveis sem tornar o processo de planejamento excessivamente demorado. A redução do tempo de processamento pode ainda permitir a comparação de diferentes alternativas cirúrgicas antes da definição do plano definitivo.

A evolução dessas abordagens pode ser observada nos estudos de Ma *et al.* (2023a) e Ma *et al.* (2023b). No primeiro trabalho, Ma *et al.* (2023a) desenvolveram um modelo capaz de realizar previsão bidirecional entre formas ósseas e faciais, permitindo estimar como alterações nas estruturas esqueléticas podem repercutir nos tecidos

moles e, inversamente, relacionar características faciais às estruturas subjacentes. Esse modelo representa uma ampliação da proposta apresentada por Ter Horst *et al.* (2021), uma vez que não se limita à previsão de um único sentido entre os movimentos ósseos e o resultado facial. A capacidade de realizar transformações bidirecionais pode aumentar a flexibilidade do planejamento e permitir maior compreensão da relação entre tecidos duros e moles.

Ao comparar Ma *et al.* (2023a) com Ter Horst *et al.* (2021), observa-se que ambos reconhecem a importância da relação entre alterações esqueléticas e aparência facial, mas apresentam estratégias computacionais distintas. Ter Horst *et al.* (2021) demonstraram a viabilidade clínica da previsão dos tecidos moles após determinada movimentação cirúrgica, enquanto Ma *et al.* (2023a) ampliaram essa relação ao possibilitar previsões em ambas as direções. Essa evolução demonstra que os modelos de inteligência artificial estão deixando de funcionar apenas como instrumentos de previsão do resultado final e passando a participar de forma mais integrada da análise das relações anatômicas envolvidas no planejamento.

No estudo subsequente, Ma *et al.* (2023b) avaliaram um modelo de aprendizado geométrico profundo destinado à simulação da aparência facial pós operatória. Os resultados mostraram velocidade significativamente superior à de métodos baseados em elementos finitos, mantendo precisão comparável. Esse resultado dialoga diretamente com Lampen *et al.* (2022), que já haviam demonstrado o potencial do aprendizado profundo para reduzir a complexidade computacional da modelagem biomecânica. Assim, tanto Lampen *et al.* (2022) quanto Ma *et al.* (2023b) sugerem que a inteligência artificial pode tornar as simulações faciais mais rápidas e clinicamente acessíveis, permitindo testar diferentes estratégias de

movimentação óssea sem depender de processos computacionais excessivamente demorados.

Quando os achados de Ter Horst *et al.* (2021), Lampen *et al.* (2022), Ma *et al.* (2023a) e Ma *et al.* (2023b) são analisados conjuntamente, percebe-se uma trajetória de aperfeiçoamento das ferramentas destinadas à predição facial. Ter Horst *et al.* (2021) demonstraram a capacidade de prever alterações tridimensionais dos tecidos moles, Lampen *et al.* (2022) exploraram a modelagem biomecânica dessas deformações, Ma *et al.* (2023a) ampliaram a relação entre estruturas ósseas e faciais por meio da previsão bidirecional e Ma *et al.* (2023b) buscaram maior eficiência na simulação da aparência pós operatória. Esses estudos, portanto, não devem ser interpretados isoladamente, mas como abordagens complementares voltadas para tornar a previsão dos resultados mais rápida, precisa e individualizada.

Apesar dessa evolução, Park *et al.* (2024) demonstraram que a inteligência artificial nem sempre apresenta superioridade absoluta em relação aos métodos estatísticos convencionais. Ao comparar uma rede neural profunda com modelos tradicionais de regressão para previsão de pontos de tecidos moles, os autores observaram que o desempenho variou conforme a região facial analisada. Enquanto a inteligência artificial apresentou melhor desempenho em determinadas áreas da mandíbula e do pescoço, métodos convencionais demonstraram maior precisão em alguns pontos situados na região superior da face. Esse resultado contrasta parcialmente com o elevado desempenho descrito por Ter Horst *et al.* (2021), Ma *et al.* (2023a) e Ma *et al.* (2023b), indicando que a superioridade tecnológica depende do tipo de dado, da arquitetura do modelo e da região anatômica avaliada.

Os resultados de Park *et al.* (2024) também permitem relativizar a ideia de que modelos computacionalmente mais complexos necessariamente apresentam melhores resultados. Quando comparados às conclusões de Lampen *et al.* (2022) e Ma *et al.* (2023b), percebe-se que a velocidade e a capacidade de processamento representam vantagens importantes, mas não devem ser analisadas separadamente da precisão clínica. Um modelo rápido, mas com desempenho variável entre regiões anatômicas, pode necessitar de ajustes antes de sua aplicação ampla. Dessa maneira, eficiência computacional e precisão clínica devem ser consideradas conjuntamente na avaliação de novas ferramentas.

Dessa forma, Park *et al.* (2024) introduzem uma perspectiva importante para a interpretação dos estudos sobre inteligência artificial em cirurgia ortognática. Em vez de considerar os algoritmos como substitutos automáticos dos métodos convencionais, os autores sugerem que diferentes abordagens podem ser complementares. Essa visão também está de acordo com Khanagar *et al.* (2022) e Mohaideen *et al.* (2022), que defenderam a utilização da inteligência artificial como ferramenta de apoio à decisão clínica. Portanto, a combinação de inteligência artificial, métodos estatísticos tradicionais e julgamento profissional parece representar uma estratégia mais segura do que a dependência exclusiva de um único sistema preditivo.

Outro aspecto relevante é apresentado por Cheng *et al.* (2023), que desenvolveram o VSP Transformer para prever movimentos cirúrgicos com base em análise cefalométrica tridimensional. O modelo foi treinado com 383 casos e posteriormente avaliado clinicamente em 49 pacientes, alcançando erro absoluto médio de

1,34 mm. Diferentemente dos estudos de Ter Horst *et al.* (2021), Lampen *et al.* (2022) e Ma *et al.* (2023a, 2023b), que concentraram atenção principalmente na resposta dos tecidos faciais aos movimentos ósseos, Cheng *et al.* (2023) direcionaram o uso da inteligência artificial para a própria definição dos deslocamentos cirúrgicos. Esse enfoque aproxima a tecnologia da etapa central do planejamento operatório, demonstrando que o algoritmo pode atuar não apenas na simulação das consequências da cirurgia, mas também na elaboração da estratégia de movimentação dos segmentos ósseos.

A diferença entre os trabalhos de Cheng *et al.* (2023) e Ma *et al.* (2023a, 2023b) demonstra como diferentes modelos podem atuar em momentos complementares do planejamento. Enquanto Cheng *et al.* (2023) buscaram estimar os movimentos necessários para alcançar determinada correção, Ma *et al.* (2023a, 2023b) concentraram-se na relação entre esses movimentos e as alterações faciais resultantes. A integração futura dessas duas abordagens poderia favorecer sistemas capazes de propor uma movimentação esquelética e, simultaneamente, apresentar uma previsão tridimensional das repercussões dessa escolha nos tecidos moles.

Kato *et al.* (2023) apresentam uma visão mais ampla desse processo ao discutirem a integração entre inteligência artificial, planejamento tridimensional e ferramentas digitais aplicadas à cirurgia ortognática. Os autores destacam que os sistemas computacionais podem contribuir para segmentação anatômica, análise morfológica, planejamento, diagnóstico e previsão das alterações faciais. Dessa maneira, o trabalho de Kato *et al.* (2023) funciona como elo entre diferentes linhas de pesquisa apresentadas por Shin *et al.* (2021), Ter Horst *et al.* (2021), Cheng *et al.* (2023) e Ma *et al.* (2023a,

2023b), uma vez que reúne aplicações que abrangem desde a decisão de realizar a cirurgia até a avaliação dos resultados esperados.

Essa perspectiva integrativa apresentada por Kato *et al.* (2023) é particularmente relevante quando comparada aos trabalhos mais específicos. Shin *et al.* (2021) abordaram a indicação cirúrgica, Cheng *et al.* (2023) concentraram-se nos movimentos planejados e Ter Horst *et al.* (2021) e Ma *et al.* (2023a, 2023b) investigaram diferentes aspectos da previsão facial. Kato *et al.* (2023), por outro lado, demonstram que essas aplicações podem ser entendidas como partes de um mesmo fluxo digital. Isso indica uma tendência de desenvolvimento de sistemas que não executem apenas uma tarefa isolada, mas integrem diagnóstico, planejamento e previsão de resultados.

A integração de múltiplas informações também está presente no trabalho de Du *et al.* (2024), que investigaram um sistema de suporte à decisão baseado em aprendizado de máquina para diagnóstico e planejamento do tratamento. Os autores mostraram que informações clínicas e cefalométricas podem ser processadas conjuntamente para auxiliar na classificação das deformidades e na escolha de estratégias terapêuticas. Essa abordagem apresenta semelhança com Cheng *et al.* (2023), pois ambos os estudos buscam utilizar dados objetivos para apoiar decisões relacionadas ao planejamento cirúrgico. Entretanto, enquanto Cheng *et al.* (2023) concentraram o modelo na previsão dos movimentos ósseos, Du *et al.* (2024) abordaram um sistema de apoio mais amplo, relacionado à classificação e à definição da conduta.

A proposta de Du *et al.* (2024) também se aproxima dos estudos de Shin *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2024), uma vez que os três trabalhos empregam informações objetivas para auxiliar decisões terapêuticas. Entretanto, enquanto Shin *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2024) estão mais diretamente relacionados à diferenciação entre alternativas de tratamento, Du *et al.* (2024) ampliam o uso do aprendizado de máquina para um sistema de suporte que envolve diagnóstico e planejamento. Essa diferença demonstra que a inteligência artificial pode atuar em níveis progressivos de complexidade, partindo da classificação de pacientes e avançando para o suporte à definição da estratégia terapêutica.

A análise de Du *et al.* (2024) também pode ser relacionada ao estudo de Chang (2024), que avaliou a aplicação de aprendizado profundo na escolha da abordagem surgery first. Chang (2024) demonstrou que imagens de telerradiografias e modelos dentários tridimensionais podem ser utilizadas para diferenciar pacientes adequados à cirurgia antes do tratamento ortodôntico daqueles que devem seguir a sequência convencional. Essa aplicação evidencia que a inteligência artificial pode influenciar não apenas a decisão sobre realizar ou não a cirurgia, como mostrado por Shin *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2024), mas também a sequência terapêutica mais apropriada para determinado paciente.

Nesse sentido, os estudos de Shin *et al.* (2021), Chang (2024) e Oliveira *et al.* (2024) podem ser interpretados como diferentes etapas de um mesmo processo decisório. Shin *et al.* (2021) analisaram a indicação cirúrgica utilizando telerradiografias, Oliveira *et al.* (2024) compararam diferentes modelos para distinguir tratamentos ortodônticos e cirúrgicos e Chang (2024) investigou a possibilidade de identificar pacientes candidatos à abordagem

surgery first. Em conjunto, esses autores demonstram que a inteligência artificial pode auxiliar progressivamente na definição da necessidade de cirurgia, na seleção do tipo de tratamento e na escolha da sequência terapêutica.

A comparação entre esses trabalhos demonstra ainda que a utilização de diferentes fontes de dados pode influenciar a capacidade dos modelos. Enquanto Shin *et al.* (2021) utilizaram predominantemente informações provenientes de telerradiografias, Chang (2024) incorporou também imagens de modelos dentários tridimensionais e Oliveira *et al.* (2024) consideraram características cefalométricas de tecidos duros e moles. Essa diversidade evidencia uma tendência de utilização de informações multimodais, nas quais diferentes tipos de dados podem ser combinados para representar de forma mais completa as características do paciente.

Além das decisões relacionadas à indicação e à sequência do tratamento, Barbosa *et al.* (2024) demonstraram que a inteligência artificial pode automatizar medidas faciais empregadas no planejamento ortognático. A identificação de pontos e proporções faciais por redes neurais pode reduzir a necessidade de marcações manuais e aumentar a padronização da análise. Os resultados apresentados pelos autores mostraram que sete medidas foram identificadas sem diferenças estatisticamente significativas em relação às medidas reais, embora duas ainda tenham apresentado discrepâncias. Esse achado reforça a ideia de que a inteligência artificial pode reduzir tarefas repetitivas, mas ainda necessita de aperfeiçoamento antes de substituir completamente a análise realizada por profissionais.

A existência de discrepâncias em determinadas medidas identificadas por Barbosa *et al.* (2024) apresenta relação com os achados de Park *et al.* (2024). Em ambos os estudos, observa-se que o desempenho da inteligência artificial não é uniforme para todas as variáveis avaliadas. Barbosa *et al.* (2024) encontraram diferenças em algumas medidas faciais, enquanto Park *et al.* (2024) observaram variações de precisão de acordo com a região anatômica. Esses resultados reforçam a necessidade de avaliar o desempenho de cada modelo de forma detalhada, evitando conclusões baseadas exclusivamente em índices globais de acurácia.

A proposta de Barbosa *et al.* (2024) complementa os estudos de Kato *et al.* (2023) e Du *et al.* (2024), pois a automatização das medidas faciais pode fornecer dados adicionais para sistemas de planejamento e suporte à decisão. Enquanto Kato *et al.* (2023) destacaram a integração de diferentes ferramentas digitais e Du *et al.* (2024) enfatizaram a análise conjunta de informações clínicas e cefalométricas, Barbosa *et al.* (2024) demonstraram como parte dessas informações pode ser obtida automaticamente. Isso sugere uma tendência de integração crescente entre aquisição de dados, análise automatizada e elaboração do plano cirúrgico.

Sob essa perspectiva, a inteligência artificial pode ser compreendida como uma tecnologia que atua em diferentes níveis do fluxo assistencial. Shin *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2024) demonstram sua participação na indicação terapêutica, Barbosa *et al.* (2024) evidenciam seu uso na obtenção e análise de medidas, Du *et al.* (2024) e Chang (2024) mostram aplicações relacionadas à escolha da conduta, Cheng *et al.* (2023) demonstram sua utilização na previsão dos movimentos cirúrgicos e Ter Horst *et al.* (2021), Lampen *et al.* (2022) e Ma *et al.* (2023a, 2023b) concentram-se na previsão das

repercussões faciais. Dessa maneira, os estudos analisados demonstram que a inteligência artificial pode acompanhar praticamente todo o processo de planejamento ortognático.

Quando os resultados dos diferentes autores são observados de forma conjunta, verifica-se uma evolução gradual da inteligência artificial em direção a sistemas cada vez mais integrados. Inicialmente, aplicações como as investigadas por Shin *et al.* (2021) concentravam-se na classificação e na identificação da necessidade de cirurgia. Posteriormente, trabalhos como os de Ter Horst *et al.* (2021) e Lampen *et al.* (2022) avançaram na previsão tridimensional e na modelagem dos tecidos moles. Cheng *et al.* (2023), Ma *et al.* (2023a), Ma *et al.* (2023b) e Kato *et al.* (2023) ampliaram a utilização desses recursos para o planejamento tridimensional, previsão de movimentos e simulação facial. Mais recentemente, Barbosa *et al.* (2024), Chang (2024), Du *et al.* (2024), Oliveira *et al.* (2024) e Park *et al.* (2024) demonstraram aplicações direcionadas à análise automatizada, à seleção da estratégia terapêutica, ao suporte à decisão e à comparação da inteligência artificial com métodos tradicionais.

Entretanto, essa evolução cronológica não significa que os desafios metodológicos tenham sido completamente solucionados. Almarhoumi (2024), Mohaideen *et al.* (2022) e Khanagar *et al.* (2022) chamam atenção para aspectos que permanecem relevantes mesmo diante de modelos tecnologicamente mais avançados. Entre eles estão a necessidade de bases de dados representativas, padronização das informações utilizadas no treinamento e avaliação do comportamento dos algoritmos em populações diferentes daquelas utilizadas em seu desenvolvimento. Portanto, a sofisticação da arquitetura computacional deve ser acompanhada

por evidências clínicas capazes de demonstrar segurança e reprodutibilidade.

Outro ponto de convergência entre os estudos é a busca pela individualização do planejamento. Cheng *et al.* (2023) demonstraram a possibilidade de prever movimentos cirúrgicos a partir de características tridimensionais, Ter Horst *et al.* (2021) e Ma *et al.* (2023a, 2023b) investigaram a previsão individual das alterações faciais, enquanto Du *et al.* (2024), Oliveira *et al.* (2024) e Chang (2024) exploraram modelos voltados para decisões terapêuticas específicas. Essa convergência indica que uma das principais contribuições da inteligência artificial não está apenas na automação, mas na capacidade de utilizar grandes conjuntos de informações para produzir análises direcionadas às características particulares de cada paciente.

Apesar da diversidade de aplicações, existe concordância entre os autores quanto ao caráter complementar da inteligência artificial. Khanagar *et al.* (2022), Mohaideen *et al.* (2022), Kato *et al.* (2023), Almarhoumi (2024) e Park *et al.* (2024) destacam, direta ou indiretamente, que a tecnologia ainda não deve ser considerada substituta da avaliação profissional. A dependência da qualidade dos dados utilizados para treinamento, as diferenças populacionais, a heterogeneidade das deformidades dentofaciais e a dificuldade de generalização dos modelos continuam sendo obstáculos importantes. Além disso, os resultados apresentados por Barbosa *et al.* (2024) e Park *et al.* (2024) mostram que determinadas variáveis anatômicas podem continuar apresentando maior dificuldade para os sistemas automatizados.

Nesse contexto, os resultados aparentemente divergentes encontrados entre alguns estudos não necessariamente representam contradições, mas podem refletir diferenças entre objetivos, arquiteturas computacionais, amostras e variáveis analisadas. O desempenho promissor observado por Ter Horst *et al.* (2021), Cheng *et al.* (2023) e Ma *et al.* (2023a, 2023b) deve ser interpretado em conjunto com as limitações apontadas por Almarhoumi (2024), Barbosa *et al.* (2024) e Park *et al.* (2024). Assim, a análise conjunta da literatura permite uma interpretação mais equilibrada, reconhecendo simultaneamente o potencial tecnológico e as limitações ainda existentes.

A literatura analisada também sugere que o futuro da inteligência artificial em cirurgia ortognática pode estar relacionado à integração de diferentes modelos em um mesmo fluxo de planejamento. As aplicações descritas por Shin *et al.* (2021), Cheng *et al.* (2023), Kato *et al.* (2023), Ma *et al.* (2023a, 2023b), Du *et al.* (2024) e Oliveira *et al.* (2024) demonstram funções que podem ser complementares. Um sistema integrado poderia auxiliar inicialmente na avaliação da indicação cirúrgica, posteriormente participar da análise cefalométrica e do planejamento dos movimentos ósseos e, finalmente, apresentar uma previsão das modificações faciais resultantes. Embora essa integração ainda dependa de validação, os estudos analisados demonstram os diferentes componentes necessários para sua possível consolidação.

Portanto, a comparação entre os estudos demonstra que a principal contribuição da inteligência artificial para a cirurgia ortognática está na possibilidade de aumentar a objetividade, rapidez e personalização do planejamento. Shin *et al.* (2021), Ter Horst *et al.* (2021), Khanagar *et al.* (2022), Lampen *et al.* (2022), Mohaideen *et al.*

(2022), Cheng *et al.* (2023), Kato *et al.* (2023), Ma *et al.* (2023a), Ma *et al.* (2023b), Almarhoumi (2024), Barbosa *et al.* (2024), Chang (2024), Du *et al.* (2024), Oliveira *et al.* (2024) e Park *et al.* (2024) demonstram, em conjunto, que a tecnologia pode ser aplicada desde a indicação do procedimento até a previsão dos resultados pós operatórios. Entretanto, as diferenças metodológicas encontradas entre os estudos reforçam que o avanço da inteligência artificial deve ocorrer associado à validação clínica, à ampliação das bases de dados e à participação ativa do cirurgião no processo decisório. Dessa forma, a tendência não é a substituição do profissional por sistemas computacionais, mas a consolidação da inteligência artificial como ferramenta complementar capaz de tornar o planejamento ortognático mais previsível, individualizado e fundamentado em dados.

5. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inteligência artificial apresenta aplicações relevantes e crescentes no planejamento e na predição de resultados em cirurgia ortognática, contribuindo para diferentes etapas do processo terapêutico. Entre suas principais aplicações destacam-se a análise automatizada de imagens, a avaliação cefalométrica, a identificação da necessidade de intervenção cirúrgica, o planejamento tridimensional, a definição dos movimentos ósseos, a análise dos tecidos moles e a previsão das alterações faciais pós operatórias. Dessa forma, as ferramentas baseadas em aprendizado de máquina e aprendizado profundo demonstram potencial para ampliar a quantidade de informações disponíveis ao profissional e favorecer uma abordagem mais objetiva e individualizada.

Os estudos analisados evidenciam que a utilização desses recursos pode aumentar a precisão e a rapidez do planejamento, principalmente por permitir o processamento conjunto de dados clínicos, radiográficos e tridimensionais. A inteligência artificial também pode auxiliar na identificação de padrões anatômicos, na comparação entre diferentes possibilidades terapêuticas e na simulação dos resultados esperados após os movimentos maxilomandibulares. Essa capacidade apresenta importância clínica significativa, pois possibilita ao profissional avaliar previamente as possíveis repercussões funcionais e estéticas da cirurgia e selecionar estratégias mais adequadas às características de cada paciente.

Outro aspecto relevante está relacionado à predição das modificações dos tecidos moles. A resposta facial aos movimentos esqueléticos apresenta elevada complexidade e pode variar entre os indivíduos. Nesse contexto, os modelos de inteligência artificial demonstram potencial para estimar essas alterações de forma tridimensional, contribuindo para uma visualização mais próxima do resultado esperado. Além disso, sistemas baseados em redes neurais podem tornar determinadas etapas de simulação mais rápidas, favorecendo a comparação entre diferentes planos cirúrgicos e ampliando as possibilidades de personalização do tratamento.

Entretanto, apesar dos resultados promissores observados na literatura, ainda existem limitações importantes para a utilização ampla desses sistemas na prática clínica. Entre elas destacam-se o tamanho reduzido de algumas amostras, a diversidade limitada das populações utilizadas no treinamento, a heterogeneidade dos protocolos de aquisição de imagens, as diferenças entre as arquiteturas dos algoritmos e a necessidade de maior validação externa. Além disso, o desempenho dos modelos pode variar

conforme a região anatômica analisada e as características específicas de cada deformidade dentofacial, o que demonstra que os resultados obtidos por determinado sistema não devem ser generalizados automaticamente para todos os pacientes.

Diante dessas limitações, a inteligência artificial deve ser compreendida como uma ferramenta complementar ao planejamento e à tomada de decisão clínica, e não como substituta da experiência profissional. A interpretação dos resultados continua dependendo da avaliação individualizada do paciente, do conhecimento anatômico, da experiência do cirurgião e da consideração dos objetivos funcionais e estéticos envolvidos no tratamento. A integração entre tecnologia e julgamento profissional representa, portanto, uma estratégia mais adequada para aproveitar os benefícios dos algoritmos sem desconsiderar a complexidade clínica da cirurgia ortognática.

Conclui-se que a inteligência artificial possui elevado potencial para aprimorar o planejamento e a predição de resultados em cirurgia ortognática, tornando o processo mais preciso, eficiente, personalizado e fundamentado em dados. Com o desenvolvimento de modelos mais robustos, a utilização de bases de dados maiores e diversificadas e a realização de estudos de validação clínica, essas tecnologias poderão alcançar maior confiabilidade e aplicabilidade. Assim, a tendência é que a inteligência artificial se consolide progressivamente como importante instrumento de apoio ao cirurgião, contribuindo para um planejamento mais previsível, individualizado e seguro, sem substituir a análise clínica e a responsabilidade profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMARHOUMI, A. A. Accuracy of artificial intelligence in predicting facial changes post orthognathic surgery: a comprehensive scoping review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, v. 16, n. 5, p. e624-e633, 2024.

BARBOSA, L. M.; SILVA, J. A. A.; SILVA, J. I. S.; *et al.* Artificial neural network assisted facial analysis for planning of orthognathic surgery. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, v. 16, n. 11, p. 1386-1392, 2024.

CHANG, J. S.; MA, C. Y.; KO, E. W. C. Prediction of surgery first approach orthognathic surgery using deep learning models. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 53, n. 11, p. 942-949, 2024.

CHENG, M.; ZHANG, X.; WANG, J.; *et al.* Prediction of orthognathic surgery plan from 3D cephalometric analysis via deep learning. *BMC Oral Health*, v. 23, n. 1, p. 161-169, 2023.

DU, W.; BI, W.; LIU, Y.; *et al.* Machine learning based decision support system for orthognathic diagnosis and treatment planning. *BMC Oral Health*, v. 24, n. 1, art. 286, 2024.

KATO, R. M.; PARIZOTTO, J. O. L.; OLIVEIRA, P. H. J.; *et al.* Artificial intelligence in orthognathic surgery: a narrative review of surgical digital tools and 3D orthognathic surgical planning. *Journal of the California Dental Association*, v. 5, n. 1, p. 22-24, 2023.

KHANAGAR, S. B.; ALFOUZAN, K.; AWAWDEH, M.; *et al.* Performance of artificial intelligence models designed for diagnosis, treatment planning and predicting prognosis of orthognathic surgery: a scoping review. *Applied Sciences*, v. 12, n. 11, p. 19-25, 2022.

LAMPEN, N.; KIM, D.; FANG, X.; *et al.* Deep learning for biomechanical modeling of facial tissue deformation in orthognathic surgical planning. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, v. 17, n. 5, p. 945-952, 2022.

MA, L.; LIAN, C.; KIM, D.; *et al.* Bidirectional prediction of facial and bony shapes for orthognathic surgical planning. *Medical Image Analysis*, v. 8, n. 9, p. 102-104, 2023a.

MA, L.; XIAO, D.; KIM, D.; *et al.* Simulation of postoperative facial appearances via geometric deep learning for efficient orthognathic surgical planning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, v. 42, n. 22, p. 336-345, 2023b.

MOHAIDEEN, K.; NEGI, A.; VERMA, D. K.; *et al.* Applications of artificial intelligence and machine learning in orthognathic surgery: a scoping review. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 12, n. 6, p. 962-972, 2022.

OLIVEIRA, P. H. J.; LI, T.; LI, H.; *et al.* Artificial intelligence as a prediction tool for orthognathic surgery assessment. *Orthodontics & Craniofacial Research*, v. 27, n. 5, p. 785-794, 2024.

PARK, J. A.; MOON, J. H.; LEE, J. M.; *et al.* Does artificial intelligence predict orthognathic surgical outcomes better than conventional linear regression methods? *The Angle Orthodontist*, v. 9, n. 5, p. 549-556, 2024.

SHIN, W.; YEOM, H. G.; LEE, G. H.; *et al.* Deep learning based prediction of necessity for orthognathic surgery of skeletal malocclusion using cephalogram in Korean individuals. *BMC Oral Health*, v. 21, n. 1, p. 130-139, 2021.

TER HORST, R.; VAN WEERT, H.; LOONEN, T.; *et al.* Three dimensional virtual planning in mandibular advancement surgery: soft tissue prediction based on deep learning. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, v. 12, n. 9, p. 775-782, 2021.

¹ Mestrado em Endodontia, São Leopoldo Mandic, Campinas, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Especialista em Implantodontia, ABO, Santos, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Graduando em Odontologia, Cruzeiro do Sul, Guarulhos, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Graduanda em Odontologia, Cruzeiro do Sul, Guarulhos, São Paulo

⁶ Doutorado em Ortodontia e Laserterapia, AORP Associação Odontológica de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁷ Graduanda em Odontologia, Cruzeiro do Sul, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁸ Bucomaxilofacial, Universidade Metodista de São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁹ Graduado em Odontologia, Usp, São Paulo. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)