

AVANÇOS DO PLANEJAMENTO DIGITAL EM CIRURGIA BUCOMAXILOFACIAL: REVISÃO DE LITERATURA

ADVANCES IN DIGITAL PLANNING IN ORAL AND MAXILLOFACIAL SURGERY: A
LITERATURE REVIEW

AVANCES DE LA PLANIFICACIÓN DIGITAL EN CIRUGÍA ORAL Y MAXILOFACIAL:
REVISIÓN DE LA LITERATURA

Bruna Mabilly Dias¹
Carla Regina Massaro²
Yohana Rafaela Reticena³
Brenda Caroline Gama Oliveira⁴
Pedro Henrique Teixeira Silva⁵
Sabrina Longo Ferreira⁶

RESUMO: A incorporação de tecnologias digitais na Cirurgia Bucomaxilofacial promoveu avanços significativos no planejamento e execução dos procedimentos cirúrgicos. Ferramentas como tomografia computadorizada de feixe cônico, escaneamento intraoral, softwares tridimensionais, impressão 3D e cirurgia guiada virtualmente proporcionam maior previsibilidade, precisão e segurança clínica. O objetivo deste estudo foi revisar a literatura científica acerca dos avanços do planejamento digital em cirurgia bucomaxilofacial, destacando suas aplicações, benefícios e limitações. Trata-se de uma revisão de literatura realizada nas bases de dados PubMed e SciELO, utilizando artigos científicos publicados em português e inglês. Os resultados demonstraram que o planejamento virtual melhora a precisão cirúrgica, reduz o tempo operatório e favorece melhores resultados funcionais e estéticos. Além disso, observou-se crescente utilização de Inteligência Artificial e biomodelos tridimensionais na individualização terapêutica. Entretanto, fatores como alto custo tecnológico e necessidade de capacitação profissional ainda representam limitações importantes. Conclui-se que o planejamento digital representa uma importante evolução na Cirurgia Bucomaxilofacial, contribuindo para tratamentos mais seguros, previsíveis e eficientes.

Palavras-chave: Cirurgia bucomaxilofacial. Planejamento digital. Cirurgia guiada. Odontologia digital. Impressão 3D.

¹Graduada em odontologia na Universidade paranaense UNIPAR.

²Mestre em odontologia na universidade paranaense do oeste do Paraná UNIOESTE.

³Graduada em odontologia na Universidade paranaense UNIPAR.

⁴Graduada em odontologia na FIBRA.

⁵Graduando em odontologia na FSP.

⁶Graduada em odontologia na Univel.

ABSTRACT: The incorporation of digital technologies in Oral and Maxillofacial Surgery has promoted significant advances in the planning and execution of surgical procedures. Tools such as cone-beam computed tomography, intraoral scanning, three-dimensional software, 3D printing, and virtually guided surgery provide greater predictability, precision, and clinical safety. The objective of this study was to review the scientific literature on the advances in digital planning in oral and maxillofacial surgery, highlighting its applications, benefits, and limitations. This is a literature review conducted in the PubMed and SciELO databases, using scientific articles published in Portuguese and English. The results demonstrated that virtual planning improves surgical precision, reduces operative time, and favors better functional and aesthetic results. In addition, there was a growing use of Artificial Intelligence and three-dimensional biomodels in therapeutic individualization. However, factors such as high technological cost and the need for professional training still represent important limitations. It is concluded that digital planning represents an important evolution in Oral and Maxillofacial Surgery, contributing to safer, more predictable and efficient treatments.

Keywords: Oral and maxillofacial surgery. Digital planning. Guided surgery. Digital dentistry. 3D printing.

RESUMEN: La incorporación de tecnologías digitales en Cirugía Oral y Maxilofacial ha impulsado avances significativos en la planificación y ejecución de procedimientos quirúrgicos. Herramientas como la tomografía computarizada de haz cónico, el escaneo intraoral, el software tridimensional, la impresión 3D y la cirugía guiada virtualmente ofrecen mayor predictibilidad, precisión y seguridad clínica. El objetivo de este estudio fue revisar la literatura científica sobre los avances en la planificación digital en Cirugía Oral y Maxilofacial, destacando sus aplicaciones, beneficios y limitaciones. Esta revisión bibliográfica se realizó en las bases de datos PubMed y SciELO, utilizando artículos científicos publicados en portugués e inglés. Los resultados demostraron que la planificación virtual mejora la precisión quirúrgica, reduce el tiempo operatorio y favorece mejores resultados funcionales y estéticos. Además, se observó un uso creciente de la Inteligencia Artificial y los biomodelos tridimensionales en la individualización terapéutica. Sin embargo, factores como el alto costo tecnológico y la necesidad de capacitación profesional aún representan limitaciones importantes. Se concluye que la planificación digital representa una evolución importante en Cirugía Oral y Maxilofacial, contribuyendo a tratamientos más seguros, predecibles y eficientes.

Palabras clave: Cirugía oral y maxilofacial. Planificación digital. Cirugía guiada. Odontología digital. Impresión 3D.

INTRODUÇÃO

A evolução das tecnologias digitais tem promovido mudanças significativas em diversas especialidades da Odontologia, especialmente na Cirurgia Bucomaxilofacial. O desenvolvimento de recursos computacionais voltados ao diagnóstico por imagem, planejamento tridimensional e manufatura aditiva possibilitou uma nova abordagem para o planejamento e execução dos procedimentos cirúrgicos, proporcionando maior previsibilidade, precisão e segurança clínica. Nesse contexto, o planejamento digital passou a desempenhar

papel fundamental na tomada de decisão terapêutica, permitindo uma análise mais detalhada das estruturas anatômicas e maior individualização do tratamento.

Tradicionalmente, o planejamento cirúrgico era realizado por meio de exames bidimensionais, modelos de gesso e análise clínica convencional. Embora esses métodos tenham contribuído significativamente para a evolução da especialidade, apresentam limitações relacionadas à reprodução fiel das estruturas anatômicas, à previsibilidade dos resultados e à comunicação entre os profissionais envolvidos. Com o avanço da tecnologia, exames tridimensionais, como a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), aliados ao escaneamento intraoral e aos softwares de planejamento virtual, passaram a oferecer uma representação mais precisa da anatomia do paciente, permitindo simulações cirúrgicas altamente detalhadas.

O planejamento virtual integra diferentes ferramentas digitais capazes de reproduzir tridimensionalmente as estruturas craniofaciais, possibilitando ao cirurgião realizar simulações pré-operatórias, definir osteotomias, posicionar implantes dentários, confeccionar guias cirúrgicos personalizados e prever resultados funcionais e estéticos antes mesmo da intervenção. Essa tecnologia reduz significativamente a possibilidade de erros durante o procedimento, além de favorecer menor tempo cirúrgico, menor morbidade pós-operatória e maior previsibilidade dos resultados clínicos.

3

Outro importante avanço refere-se à utilização da impressão tridimensional (3D), que possibilita a fabricação de biomodelos anatômicos, guias cirúrgicos e próteses individualizadas. Esses recursos facilitam o planejamento de cirurgias complexas, especialmente nos casos de reconstruções ósseas, traumatismos faciais, deformidades dentofaciais e cirurgias ortognáticas, permitindo maior adaptação dos dispositivos às características anatômicas de cada paciente. Além disso, os biomodelos contribuem para o treinamento cirúrgico, comunicação entre equipes multidisciplinares e esclarecimento do tratamento ao paciente.

Nos últimos anos, a incorporação da Inteligência Artificial (IA) ao planejamento digital tem ampliado ainda mais as possibilidades terapêuticas na Cirurgia Bucomaxilofacial. Algoritmos baseados em aprendizado de máquina vêm sendo empregados para segmentação automática de imagens, identificação de estruturas anatômicas, planejamento cirúrgico assistido, análise preditiva de resultados e apoio à tomada de decisão clínica. Essas ferramentas tendem a aumentar a eficiência dos fluxos digitais, reduzir o tempo de planejamento e contribuir para tratamentos cada vez mais personalizados.

Apesar das inúmeras vantagens, a implementação dessas tecnologias ainda enfrenta desafios importantes. O elevado custo dos equipamentos, softwares especializados, impressoras tridimensionais e sistemas de navegação cirúrgica limita sua ampla utilização, principalmente em instituições públicas e centros de menor porte. Soma-se a isso a necessidade de capacitação profissional contínua, uma vez que o domínio dos fluxos digitais exige treinamento específico e atualização constante diante da rápida evolução tecnológica.

Dessa forma, observa-se que a transformação digital vem modificando profundamente a prática da Cirurgia Bucomaxilofacial, tornando os procedimentos mais seguros, previsíveis e individualizados. Considerando a crescente incorporação dessas tecnologias na prática clínica e o constante desenvolvimento de novas ferramentas digitais, torna-se fundamental compreender suas aplicações, benefícios, limitações e perspectivas futuras.

Assim, o presente estudo tem como objetivo revisar a literatura científica acerca dos avanços do planejamento digital em Cirurgia Bucomaxilofacial, enfatizando as principais tecnologias empregadas, suas aplicações clínicas, vantagens, limitações e impactos na qualidade do tratamento dos pacientes.

METODOLOGIA

4

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão de literatura de natureza descritiva e qualitativa, realizada com o objetivo de analisar os avanços do planejamento digital na Cirurgia Bucomaxilofacial, enfatizando suas aplicações clínicas, benefícios e limitações.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas bases de dados PubMed e SciELO, utilizando os descritores em português e inglês: “*digital planning*”, “*virtual surgical planning*”, “*oral and maxillofacial surgery*”, “*guided surgery*”, “*planejamento digital*” e “*cirurgia bucomaxilofacial*”, combinados pelos operadores booleanos AND e OR.

Foram incluídos artigos completos publicados entre 2015 e 2025, nos idiomas português e inglês, que abordassem a aplicação de tecnologias digitais no planejamento cirúrgico em Cirurgia Bucomaxilofacial. Foram excluídos artigos duplicados, relatos de caso, resumos de eventos científicos, estudos sem acesso ao texto completo e publicações que não apresentavam relação direta com o tema.

Após a busca inicial, realizou-se a leitura dos títulos e resumos para seleção dos estudos potencialmente relevantes. Em seguida, os artigos elegíveis foram analisados na íntegra, sendo extraídas informações referentes às tecnologias utilizadas, aplicações clínicas, principais

benefícios, limitações e perspectivas futuras. Os dados obtidos foram organizados e analisados de forma descritiva, permitindo uma discussão crítica sobre a evolução do planejamento digital na especialidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos analisados demonstraram que o planejamento digital tem promovido avanços expressivos na Cirurgia Bucomaxilofacial, proporcionando maior precisão durante o diagnóstico, planejamento e execução dos procedimentos cirúrgicos. A integração entre exames de imagem tridimensionais, softwares específicos e dispositivos de fabricação digital tem permitido tratamentos mais previsíveis, seguros e individualizados.

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) destaca-se como uma das principais ferramentas desse fluxo digital, por fornecer imagens tridimensionais de alta resolução das estruturas ósseas craniofaciais. Essas imagens permitem melhor avaliação da anatomia do paciente, identificação de estruturas nobres e planejamento mais preciso de procedimentos como instalação de implantes, cirurgias ortognáticas, reconstruções ósseas e remoção de dentes inclusos.

Associado à TCFC, o planejamento virtual realizado por softwares tridimensionais possibilita a simulação pré-operatória dos procedimentos, permitindo ao cirurgião avaliar diferentes alternativas terapêuticas antes da intervenção. Essa tecnologia contribui para maior previsibilidade dos resultados, redução de erros operatórios e melhor comunicação entre os profissionais envolvidos no tratamento. Segundo Chen et al. (2016), a cirurgia assistida por computador apresenta maior eficiência quando comparada às técnicas convencionais, especialmente em procedimentos de maior complexidade.

Nas cirurgias ortognáticas, o planejamento digital tornou-se uma importante ferramenta para o posicionamento preciso dos segmentos ósseos. A possibilidade de realizar simulações tridimensionais antes da cirurgia permite maior controle das movimentações ósseas, favorecendo resultados estéticos e funcionais mais previsíveis, além de reduzir a necessidade de ajustes durante o procedimento cirúrgico.

Outro avanço importante refere-se à utilização da impressão tridimensional (3D), empregada na confecção de biomodelos anatômicos e guias cirúrgicos personalizados. Esses recursos facilitam a transferência do planejamento virtual para o campo operatório,

proporcionando maior precisão durante a execução da cirurgia e contribuindo para a redução do tempo operatório e da morbidade pós-operatória.

Na implantodontia, o planejamento digital associado à cirurgia guiada tem proporcionado maior precisão no posicionamento dos implantes dentários, reduzindo desvios angulares e lineares durante sua instalação. A utilização de guias cirúrgicos confeccionados a partir do planejamento virtual permite que o procedimento seja executado conforme o planejamento pré-operatório, minimizando riscos de lesões a estruturas anatômicas importantes, como o nervo alveolar inferior e o seio maxilar.

Além da implantodontia, o uso de biomodelos tridimensionais e guias personalizados tem apresentado resultados positivos em cirurgias reconstrutivas da face e no tratamento de traumatismos bucomaxilofaciais. Esses dispositivos possibilitam melhor adaptação das placas de fixação, planejamento prévio das osteotomias e maior previsibilidade dos resultados cirúrgicos. Consequentemente, observa-se redução do tempo operatório, menor manipulação dos tecidos e maior segurança durante a execução dos procedimentos, contribuindo para uma recuperação mais favorável dos pacientes.

A incorporação da Inteligência Artificial ao planejamento digital representa um dos avanços mais promissores da Cirurgia Bucomaxilofacial. Algoritmos capazes de processar exames de imagem auxiliam na segmentação anatômica, identificação de estruturas de interesse e elaboração de planejamentos cirúrgicos mais individualizados. Além disso, a utilização dessas ferramentas contribui para otimizar o fluxo de trabalho e reduzir o tempo necessário para o planejamento dos casos clínicos.

Apesar dos benefícios observados, alguns desafios ainda limitam a ampla utilização dessas tecnologias. O elevado investimento em equipamentos, softwares especializados e impressoras tridimensionais, aliado à necessidade de treinamento específico dos profissionais, ainda representa uma barreira para muitos serviços de saúde. Entretanto, espera-se que a evolução tecnológica e a maior disseminação dessas ferramentas tornem o planejamento digital cada vez mais acessível, consolidando sua utilização como parte da rotina clínica na Cirurgia Bucomaxilofacial.

CONCLUSÃO

O planejamento digital representa uma das principais inovações tecnológicas incorporadas à Cirurgia Bucomaxilofacial, promovendo avanços significativos no diagnóstico,

planejamento e execução dos procedimentos cirúrgicos. A integração entre tomografia computadorizada de feixe cônico, escaneamento intraoral, softwares de planejamento virtual, impressão tridimensional e cirurgia guiada tem contribuído para tratamentos mais precisos, previsíveis e seguros.

A análise da literatura evidenciou que essas tecnologias proporcionam benefícios importantes, como maior precisão cirúrgica, redução do tempo operatório, melhor adaptação dos dispositivos cirúrgicos e resultados funcionais e estéticos mais satisfatórios. Além disso, a crescente utilização da Inteligência Artificial demonstra potencial para otimizar o planejamento cirúrgico e ampliar a individualização dos tratamentos, acompanhando a constante evolução da Odontologia Digital.

Entretanto, ainda existem desafios relacionados ao elevado custo de aquisição dos equipamentos, à necessidade de capacitação profissional e à disponibilidade dessas tecnologias em todos os serviços de saúde. Dessa forma, sua implementação em larga escala depende de investimentos em infraestrutura, treinamento e desenvolvimento tecnológico.

Conclui-se que o planejamento digital vem transformando a prática da Cirurgia Bucomaxilofacial e tende a assumir um papel cada vez mais relevante na rotina clínica. Estudos futuros, com metodologias mais robustas e acompanhamento em longo prazo, poderão contribuir para consolidar as evidências científicas e ampliar a aplicação dessas tecnologias, favorecendo tratamentos cada vez mais eficientes, personalizados e seguros para os pacientes.

REFERÊNCIAS

- CHEN X, Xu L, Sun Y, Politis C. A review of computer-aided oral and maxillofacial surgery: planning, simulation and navigation. *Expert Review of Medical Devices*. 2016;13(11):1043-1051.
- CHEN Z, Mo S, Fan X, You Y, Ye G, Zhou N. A meta-analysis and systematic review comparing the effectiveness of traditional and virtual surgical planning for orthognathic surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2021;79(2):471.e1-471.e19.
- HASSAN B, Gimenez Gonzalez B, Tahmaseb A, Greven M, Wismeijer D. A digital approach to maxillofacial surgery and implantology. *Periodontology 2000*. 2017;73(1):213-230.
- KESMEZ Ö, Valls-Ontañón A, Starch-Jensen T, Haas-Junior OL, Hernández-Alfaro F. Virtual surgical planning in orthognathic surgery with the use of patient-specific plates compared with conventional plates. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*. 2022;27(6):e507-e517.

MANGANO FG, Hauschild U, Admakin O. Full digital workflow in oral implantology: a review of the literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(11):2367.

NILSSON J, Hindocha N, Thor A. Time matters – Differences between computer-assisted surgery and conventional planning in cranio-maxillofacial surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2020;48(2):132-140.

SHUJAAT S, Riaz M, Jacobs R. Synergy between artificial intelligence and precision medicine for computer-assisted oral and maxillofacial surgical planning. *Clinical Oral Investigations*. 2023;27(3):897-906.

STRUJAK G, Marlière DAA, Medeiros YL, Guariza Filho O, Carlini JL, Westphalen VPD. Virtual versus conventional planning in orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*. 2024;23(2):219-228.

TAHMASEB A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-assisted implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*. 2018;29(Suppl. 16):416-435.

VERHAMME L, Meijer GJ, Maal TJJ. Digital technologies in oral and maxillofacial surgery: current applications and future perspectives. *Journal of Clinical Medicine*. 2024;13.