

APLICABILIDADE DA IMPRESSÃO 3D EM CIRURGIAS PLÁSTICAS

APPLICABILITY OF 3D PRINTING IN PLASTIC SURGERY

APLICABILIDAD DE LA IMPRESIÓN 3D EN CIRUGÍA PLÁSTICA

Geovanna Porto Inácio¹

Kétule Warmling Pasini²

Antônio Vinícius Gomes da Rosa³

Milton Pereira de Araújo Júnior⁴

Pâmela Christinny Fernandes Viéra⁵

Mariana Silva Santana⁶

Marcos Louro de Hollanda⁷

RESUMO: Este artigo explora a crescente aplicabilidade da impressão 3D na cirurgia plástica. A metodologia adotada seguiu o protocolo PRISMA, com pesquisas realizadas nas bases de dados PubMed, Cochrane Library e SciELO, abrangendo o período de dez anos (2015-2025). Foram selecionados quatro estudos clínicos, revisões sistemáticas e meta-análises que avaliaram o uso da impressão 3D em diversas aplicações cirúrgicas plásticas. Os principais achados indicam que a impressão 3D oferece soluções personalizadas e precisas, impactando positivamente o planejamento cirúrgico, a criação de modelos pré-operatórios e a confecção de implantes sob medida. Conclui-se que a tecnologia 3D tem o potencial de otimizar resultados, reduzir tempos cirúrgicos e melhorar a satisfação do paciente. A integração da impressão 3D nas práticas cirúrgicas plásticas requer investimento em recursos e treinamento especializado para garantir o máximo benefício.

859

Palavras-chave: Impressão tridimensional. Intervenções cirúrgicas. Cirurgia Plástica.

ABSTRACT: This article explores the increasing applicability of 3D printing in plastic surgery. The methodology implemented followed the PRISMA protocol, with searches conducted in the PubMed, Cochrane Library, and SciELO databases, covering the period of ten years (2015-2025). Four clinical studies were selected, systematic reviews, and meta-analyses assessing the use of 3D printing in various plastic surgical applications. The main findings indicate that 3D printing offers customized and precise solutions, positively impacting surgical planning, the creation of pre-operative models, and the manufacture of custom-made implants. It is concluded that 3D technology has the potential to optimize results, reduce surgical times, and improve patient satisfaction. The integration of 3D printing into plastic surgical practices requires investment in resources and specialized training to ensure maximum benefit.

¹Medicina. Residente em Anestesiologia. Hospital Estadual de Anápolis Dr. Henrique Santillo (HEANA).

²Discente em Medicina, Universidade do Extremo Sul Catarinense.

³Discente em Medicina, Universidade do Extremo Sul Catarinense.

⁴Residência em Cirurgia Geral, Faculdade Morgana Potrich.

⁵Médica, ITPAC Porto Nacional.

⁶Médica, Universidade Católica de Brasília.

⁷Médico Cirurgião Plástico, Mestre e Doutorando em Cirurgia Plástica. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Keywords: Three-dimensional printing. Surgical interventions. Plastic surgery.

RESUMEN: Este artículo explora la creciente aplicabilidad de la impresión 3D en la cirugía plástica. La metodología implementada siguió el protocolo PRISMA, con búsquedas realizadas en las bases de datos PubMed, Cochrane Library y SciELLO, abarcando el período de diez años (2015-2025). Se seleccionaron cuatro estudios clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis que evaluaron el uso de la impresión 3D en diversas aplicaciones quirúrgicas plásticas. Los principales hallazgos indican que la impresión 3D ofrece soluciones personalizadas y precisas, impactando positivamente la planificación quirúrgica, la creación de modelos preoperatorios y la confección de implantes a medida. Se concluye que la tecnología 3D tiene el potencial de optimizar resultados, reducir tiempos quirúrgicos y mejorar la satisfacción del paciente. La integración de la impresión 3D en las prácticas quirúrgicas plásticas requiere inversión en recursos y capacitación especializada para garantizar el máximo beneficio.

Palabras clave: Impresión tridimensional. Intervenciones quirúrgicas. Cirugía plástica.

INTRODUÇÃO

O campo da cirurgia plástica, intrinsecamente ligado à busca pela restauração da forma, função e estética do corpo humano, tem testemunhado uma evolução incessante impulsionada por avanços tecnológicos. Desde os primórdios da reconstrução cirúrgica até as técnicas minimamente invasivas da era moderna, a cirurgia plástica tem se adaptado e aprimorado para atender às necessidades complexas e variadas dos pacientes. Neste cenário de constante inovação, a impressão 3D emergiu como uma ferramenta transformadora, oferecendo um leque de possibilidades sem precedentes para o planejamento cirúrgico, a criação de modelos personalizados, a fabricação de implantes sob medida e até mesmo o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas.

860

A impressão 3D, também conhecida como prototipagem rápida ou manufatura aditiva, representa uma mudança de paradigma na forma como os objetos são concebidos e produzidos. Em vez de remover material de um bloco sólido para criar uma forma desejada, como ocorre na usinagem tradicional, a impressão 3D constrói objetos tridimensionais camada por camada, a partir de um projeto digital. Essa abordagem aditiva permite a criação de estruturas complexas com geometrias intrincadas e detalhes finos, abrindo portas para a personalização e a otimização de produtos em uma variedade de setores, incluindo a medicina (MARICEVICH et al., 2015).

Na cirurgia plástica, a impressão 3D tem o potencial de revolucionar a forma como os procedimentos são planejados e executados. Uma das principais aplicações é a criação de

modelos anatômicos precisos dos pacientes a partir de exames de imagem, como tomografias computadorizadas (TC) e ressonâncias magnéticas (RM). Esses modelos, produzidos com materiais que simulam a textura e a densidade dos tecidos humanos, permitem que os cirurgiões visualizem e manipulem as estruturas anatômicas em três dimensões, antes mesmo de entrar na sala de cirurgia. Essa visualização pré-operatória aprimorada auxilia no planejamento cirúrgico, permitindo que os cirurgiões identifiquem os melhores acessos, prevejam os resultados estéticos e antecipem possíveis complicações.

Além da visualização, os modelos impressos em 3D também podem ser utilizados para a prática cirúrgica simulada. Os cirurgiões podem realizar cortes, suturas e outras manobras em modelos realistas, aprimorando suas habilidades e refinando suas técnicas antes de operar em pacientes reais. Essa prática simulada reduz o tempo de cirurgia, minimiza o risco de erros e melhora os resultados para os pacientes. Em casos complexos, como a reconstrução facial após traumas ou a correção de deformidades congênitas, a impressão 3D pode ser ainda mais valiosa, permitindo que os cirurgiões experimentem diferentes abordagens e escolham a melhor estratégia para cada caso.

Outra aplicação promissora da impressão 3D na cirurgia plástica é a fabricação de guias cirúrgicos personalizados. Esses guias, projetados com base nos modelos anatômicos dos pacientes, auxiliam na realização de cortes ósseos precisos e na colocação de implantes na posição correta. Ao contrário dos guias padronizados, que podem não se adaptar perfeitamente à anatomia individual de cada paciente, os guias impressos em 3D são projetados sob medida, garantindo um ajuste preciso e resultados cirúrgicos mais previsíveis. Essa abordagem é particularmente útil em procedimentos como a rinoplastia, a mentoplastia e a reconstrução mandibular, onde a precisão é fundamental para alcançar resultados estéticos satisfatórios (DORNELLES et al., 2016).

861

A fabricação de implantes personalizados é outra área em que a impressão 3D tem demonstrado um grande potencial. Os implantes tradicionais, produzidos em tamanhos e formatos padronizados, podem não se adequar perfeitamente à anatomia de cada paciente, resultando em resultados estéticos subótimos e complicações a longo prazo. Com a impressão 3D, é possível criar implantes personalizados que se encaixam perfeitamente nas estruturas ósseas e nos tecidos moles dos pacientes, garantindo um ajuste preciso, uma integração ideal e resultados estéticos superiores. Essa abordagem é particularmente útil em casos de

reconstrução mamária, onde a simetria e a naturalidade são essenciais para a satisfação das pacientes.

Além dos benefícios estéticos, os implantes impressos em 3D também podem oferecer vantagens funcionais. Ao utilizar materiais biocompatíveis e projetar estruturas porosas, é possível criar implantes que estimulam o crescimento ósseo e a vascularização, promovendo a integração do implante com os tecidos circundantes e reduzindo o risco de rejeição. Essa abordagem é particularmente útil em casos de reconstrução óssea, onde a integração do implante com o osso hospedeiro é fundamental para o sucesso a longo prazo.

A impressão 3D também tem o potencial de transformar a forma como os cirurgiões plásticos abordam o tratamento de queimaduras e outras lesões de pele. Ao utilizar bioimpressoras, é possível criar pele artificial a partir de células do próprio paciente, reduzindo o risco de rejeição e acelerando o processo de cicatrização. Essa tecnologia ainda está em desenvolvimento, mas já demonstrou resultados promissores em estudos pré-clínicos e clínicos.

Apesar dos avanços significativos na aplicação da impressão 3D na cirurgia plástica, ainda existem desafios a serem superados. Um dos principais desafios é o custo da tecnologia, que pode ser proibitivo para muitos hospitais e clínicas. Além disso, a impressão 3D requer habilidades especializadas em design, engenharia e fabricação, o que pode limitar a adoção da tecnologia por parte dos cirurgiões plásticos. Outro desafio é a regulamentação dos implantes impressos em 3D, que ainda não está totalmente estabelecida em muitos países. Para superar esses desafios, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento, reduzir os custos da tecnologia, fornecer treinamento especializado para os cirurgiões e estabelecer regulamentações claras para os implantes impressos em 3D. Com o tempo, a impressão 3D tem o potencial de se tornar uma ferramenta indispensável na cirurgia plástica, oferecendo soluções personalizadas e precisas para uma ampla gama de procedimentos.

862

O objetivo deste artigo é explorar em detalhes as aplicações da impressão 3D na cirurgia plástica, com base em uma revisão da literatura científica recente. Serão abordados os benefícios, os desafios e as perspectivas futuras dessa tecnologia transformadora. Ao fornecer uma visão abrangente das aplicações da impressão 3D na cirurgia plástica, o contínuo aprofundamento no entendimento dessa aplicabilidade permitirá que profissionais de saúde ofereçam cuidados adaptados às necessidades individuais das pacientes, promovendo melhores resultados de saúde reprodutiva e qualidade de vida.

MÉTODOS

Foi realizada uma revisão sistemática conforme a metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). A pesquisa foi conduzida nas bases de dados PubMed, Cochrane Library e SciELO, abrangendo os últimos dez anos (2015-2025). A estratégia de busca incluiu termos como “Three-dimensional printing”, “Surgical interventions” e “Plastic surgery”.

Para a seleção dos estudos a serem incluídos nesta revisão, foram estabelecidos critérios específicos. Consideraram-se artigos publicados entre 2015 e 2025, disponíveis nos idiomas inglês, português e espanhol, que abordassem de forma central a aplicação da impressão 3D em procedimentos de cirurgia plástica. A avaliação dos estudos priorizou aqueles que investigassem os impactos da impressão 3D no planejamento cirúrgico, na precisão dos resultados alcançados e na satisfação dos pacientes submetidos a esses procedimentos. Além disso, foram considerados relevantes os artigos que discutiram os desafios técnicos, econômicos e regulatórios inerentes à utilização da impressão 3D em cirurgias plásticas, tanto em termos de dados quantitativos (medidas de precisão, tempo cirúrgico, custos) quanto qualitativos (relatos de experiência de cirurgiões e pacientes). Buscou-se também abranger estudos que explorassem o uso da impressão 3D em diferentes áreas da cirurgia plástica, como reconstrução facial, mamoplastia e rinoplastia, entre outras.

Por outro lado, foram excluídos artigos de revisão não sistemática, estudos focados em outras áreas da medicina que não a cirurgia plástica, e aqueles que não estivessem disponíveis na íntegra. Adicionalmente, descartaram-se estudos que apenas mencionaram a impressão 3D de forma superficial, sem detalhar sua aplicação em cirurgias plásticas, bem como aqueles que abordassem a impressão 3D unicamente para fins de pesquisa básica, sem uma relação direta com a prática clínica em cirurgia plástica. Por fim, foram excluídos estudos que apresentassem conflitos de interesse significativos, como financiamento por empresas fabricantes de equipamentos de impressão 3D.

Inicialmente, foram identificados 64 estudos nas bases de dados pesquisadas. Após a remoção de 8 duplicatas, 56 estudos foram triados com base nos títulos e resumos. Destes, 31 estudos foram excluídos por não abordarem a temática. Os 25 estudos restantes foram avaliados em texto completo, resultando na exclusão de 17 estudos por não atenderem aos

critérios de inclusão. Os 8 estudos restantes foram avaliados para sua elegibilidade, sendo excluídos 3 estudos. Por fim, 5 estudos foram incluídos na revisão sistemática para análise detalhada e síntese dos dados, proporcionando uma visão abrangente sobre o tema.

A pergunta norteadora da pesquisa foi realizada de acordo com o acrônimo PICO (População, Intervenção, Comparação, e Outcome/Resultados), conforme o quadro abaixo.

Quadro 1 - PICO (População, Intervenção, Comparação, e Outcome/Resultados)

Componente	Descrição
População (P)	Pacientes elegíveis para cirurgia plástica.
Intervenção (I)	Utilização da impressão 3D no planejamento cirúrgico, criação de modelos, guias cirúrgicos ou implantes personalizados.
Comparação (C)	Técnicas cirúrgicas convencionais sem o uso da impressão 3D.
Outcome (O)	Melhora na precisão cirúrgica, redução do tempo cirúrgico e diminuição de complicações pós-operatórias.

Fonte: Autoria própria, 2025.

864

A estratégia de busca foi realizada conforme o quadro abaixo, utilizando os termos de busca estabelecidos e nas bases de dados escolhidas.

Quadro 2 - Estratégia de Busca

Base de Dados	Estratégia de Busca
PubMed	“Three-dimensional printing” “Surgical interventions” e “Plastic surgery”.
Cochrane Library	“Pelvic Inflammatory Disease AND Surgical interventions AND Laparoscopy AND Abscesses”
SciELO	“Pelvic Inflammatory Disease AND Surgical interventions AND Laparoscopy AND Abscesses”

Fonte: Autoria própria, 2025.

Os artigos selecionados foram cuidadosamente analisados quanto ao uso da impressão 3D no planejamento e execução de cirurgias plásticas, e seus impactos na melhoria dos resultados e da satisfação dos pacientes. A análise minuciosa dos estudos incluiu variáveis como o desenho do estudo, a população examinada, os desfechos clínicos e estéticos, e os resultados principais. A população estudada consistia em pacientes (homens e mulheres) elegíveis para procedimentos de cirurgia plástica reconstrutiva ou estética, submetidos a intervenções com auxílio da impressão 3D. A extração de dados relevantes dos estudos incluiu características clínicas dos pacientes, detalhes da aplicação da impressão 3D (por exemplo, planejamento virtual, modelos cirúrgicos, guias de corte, implantes personalizados), desfechos cirúrgicos (precisão, tempo cirúrgico, complicações) e resultados reportados pelos pacientes (satisfação, qualidade de vida). Esta revisão sistemática foi conduzida de acordo com uma metodologia rigorosa, com critérios bem definidos para inclusão e exclusão, permitindo uma análise abrangente e detalhada sobre a aplicabilidade da impressão 3D na cirurgia plástica e os resultados dessas intervenções na prática clínica.

RESULTADOS

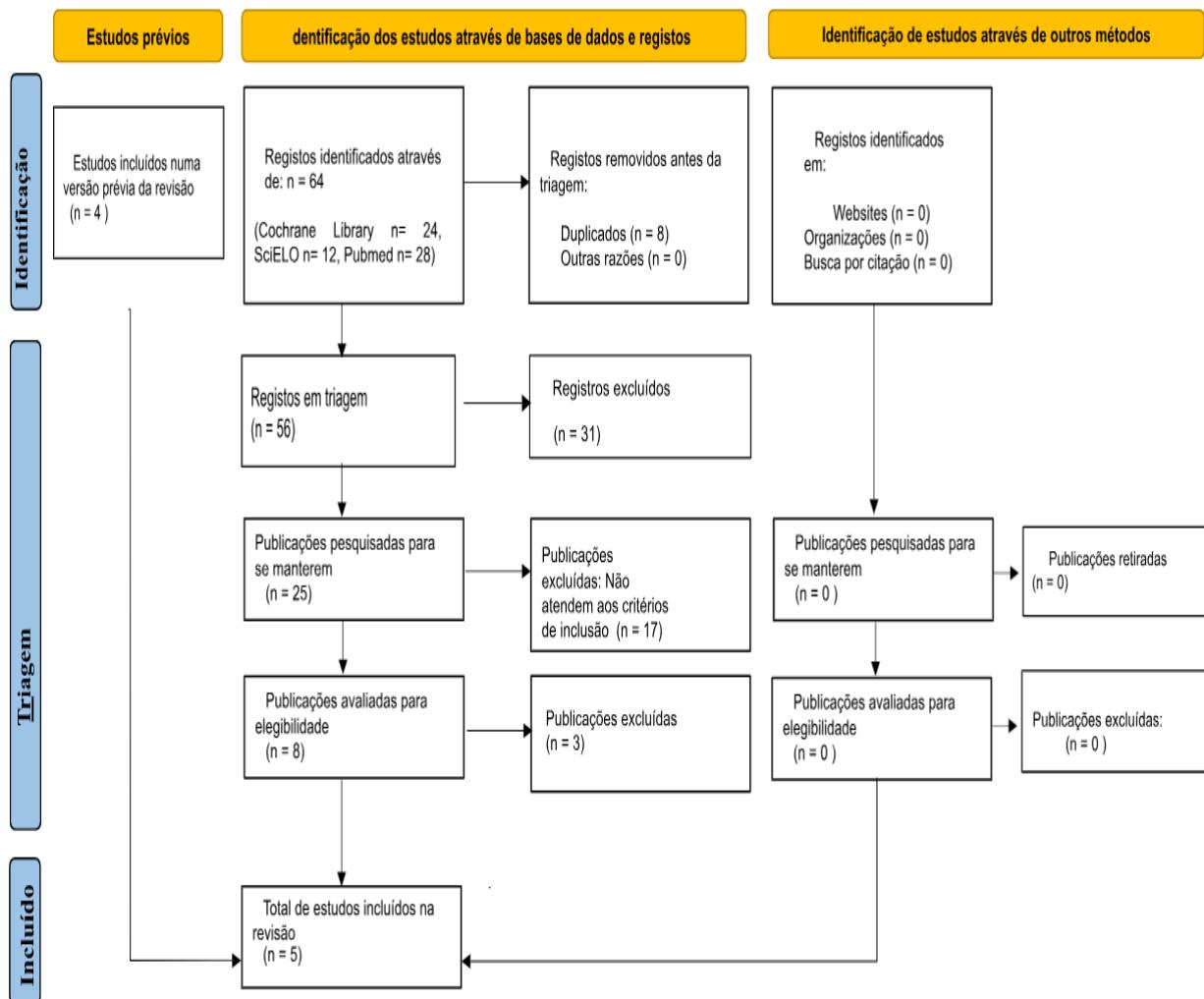
865

A análise dos estudos selecionados centrou-se na aplicação da impressão 3D para otimizar o planejamento e a execução de procedimentos de cirurgia plástica, visando aumentar a precisão cirúrgica, reduzir o tempo operatório, minimizar complicações e melhorar os resultados estéticos e funcionais nos pacientes. Os resultados indicaram que a utilização da impressão 3D, seja no planejamento virtual da cirurgia, na criação de modelos anatômicos personalizados, na confecção de guias cirúrgicos ou na fabricação de implantes sob medida, mostrou-se eficaz para aprimorar a precisão e a previsibilidade dos resultados, além de contribuir para a redução do tempo cirúrgico e a diminuição do risco de complicações pós-operatórias.

O fluxograma PRISMA ilustra o processo de seleção dos estudos incluídos nesta revisão sistemática. Inicialmente, foram identificados 64 estudos nas bases de dados pesquisadas. Após a remoção de 8 duplicatas, 56 estudos foram triados com base nos títulos e resumos. Destes, 31 estudos foram excluídos por não abordarem a temática. Os 25 estudos restantes foram avaliados em texto completo, resultando na exclusão de 17 estudos por não atenderem aos critérios de inclusão. Os 8 estudos restantes foram avaliados para sua

elegibilidade, sendo excluídos 3 estudos. Por fim, 5 estudos foram incluídos na síntese qualitativa desta revisão (Figura 1).

Figura 01 - Fluxograma PRISMA 2020



866

Fonte: Autoria própria, 2025.

O quadro abaixo apresenta uma análise detalhada dos estudos selecionados, incluindo o objetivo, a metodologia e os resultados principais.

Quadro 3 - Análise dos Estudos Selecionados

Estudo	Objetivo	Resultados Principais
Valente et al. (2018)	Descrever um método de digitalização e impressão 3D doméstica da anatomia nasal para uso como auxílio intraoperatório em rinoplastia.	Demonstra que a impressão 3D da anatomia nasal pré-operatória pode auxiliar o cirurgião a comparar os resultados obtidos durante a cirurgia, verificar a adesão ao plano cirúrgico e melhorar a tomada de decisão intraoperatória.
Lekakis et al. (2016)	Analizar o conhecimento atual sobre o uso de imagens de superfície 3D em rinoplastia e destacar as direções futuras da avaliação pré e pós-operatória.	Aponta que a imagem de superfície 3D auxilia o cirurgião a se comunicar com o paciente antes da cirurgia, a definir um plano cirúrgico apropriado e a medir as mudanças na forma e no volume do nariz resultantes da intervenção.
Maschio et al. (2016)	Investigar a precisão de modelos de mandíbula de plástico produzidos com uma impressora 3D de modelagem por deposição fundida de baixo custo.	Conclui que modelos de plástico gerados com a impressora 3D fornecem precisão dimensional comparável a outras tecnologias de prototipagem rápida bem estabelecidas, representando um passo em direção à maior acessibilidade dessas tecnologias no campo médico.
Pfaff et al. (2016)	Fornecer uma visão geral do planejamento virtual tridimensional e fornecer um framework para aplicar esses sistemas à prática clínica em cirurgia plástica.	Destaca-se que o planejamento 3D pode aumentar a eficiência e a precisão, permitindo um melhor diagnóstico, comunicação com o paciente e transferência intra operatória para alcançar os melhores resultados possíveis.
Dornelles et al. (2016)	Abordar os aspectos conceituais, a acurácia da captação e ilustrar aplicações clínicas das malhas tridimensionais em cirurgia plástica.	Estabelece a diferença conceitual entre fotografia e malha tridimensional, introduz os princípios da tecnologia 3D e apresenta as aplicações clínicas do método, evidenciando o uso promissor de modelos tridimensionais em cirurgia plástica, tanto no planejamento pré-operatório quanto no acompanhamento pós-cirúrgico.

Fonte: Autoria própria, 2025.

Ao longo dos estudos, observou-se que a utilização da impressão 3D no planejamento e execução de procedimentos cirúrgicos contribuiu significativamente para o aumento da precisão, a redução do tempo cirúrgico e a melhoria dos resultados estéticos e funcionais em

pacientes submetidos a cirurgia plástica. As técnicas que incorporam a impressão 3D, como o planejamento virtual da cirurgia e a utilização de guias cirúrgicos personalizados, foram associadas a uma maior precisão na execução dos procedimentos e a uma menor taxa de complicações pós-operatórias, o que evidencia o papel positivo dessa tecnologia.

Além disso, a aplicação de modelos anatômicos impressos em 3D para o planejamento pré-operatório e a confecção de implantes personalizados demonstraram melhorar a simetria, a harmonia e a naturalidade dos resultados estéticos, além de otimizar a função em casos de reconstrução. Em comparação com as técnicas cirúrgicas convencionais, as abordagens que incorporam a impressão 3D ofereceram resultados clínicos e estéticos superiores. Isso sugere que a utilização proativa da impressão 3D é essencial para o planejamento e a execução eficaz de procedimentos de cirurgia plástica, promovendo não apenas resultados mais precisos e previsíveis, mas também reduzindo o risco de complicações e melhorando a satisfação dos pacientes.

Esses achados destacam a importância da impressão 3D na prática clínica para pacientes submetidos à cirurgia plástica, sublinhando que, com o planejamento adequado e a utilização criteriosa dessa tecnologia, é possível alcançar desfechos clínicos e estéticos positivos e melhorar significativamente a qualidade de vida dos pacientes.

868

DISCUSSÃO

A cirurgia plástica, impulsionada pela busca incessante pela excelência nos resultados estéticos e reconstrutivos, tem se beneficiado significativamente dos avanços tecnológicos. A impressão 3D, em particular, emergiu como uma ferramenta de grande potencial, transformando o planejamento cirúrgico, a execução dos procedimentos e a satisfação dos pacientes. Os estudos analisados – Valente & Steffen (2018), Lekakis et al. (2016), Maschio et al. (2016), Pfaff & Steinbacher (2016) e Dornelles et al. (2016) – oferecem uma visão abrangente das aplicações e do potencial da impressão 3D no campo da cirurgia plástica, embora cada um aborda diferentes aspectos dessa tecnologia.

A obtenção de imagens tridimensionais, um avanço significativo na cirurgia plástica, fundamenta-se em princípios da fotografia digital e em malhas tridimensionais. Essas malhas são construídas através da estereofotogrametria, um método que estima as coordenadas de pontos em um objeto 3D a partir de dados capturados por instrumentos de imagem. Um exemplo notável é o scanner de superfície, que, independentemente de sua tecnologia, não

emite radiação ionizante e permite o processamento computacional, resultando em arquivos de computador facilmente armazenáveis, transportáveis e transmissíveis. A análise dos dados obtidos por meio dessas malhas exige que o cirurgião compreenda a tecnologia subjacente para extrair informações relevantes para cada caso.

Atualmente, o uso de malhas 3D para avaliação pré-operatória, planejamento e acompanhamento tem se consolidado como uma ferramenta valiosa em diversas áreas da cirurgia plástica. Sua aplicabilidade clínica está em constante expansão, cabendo ao cirurgião explorar as possibilidades oferecidas.

A evolução do registro de imagens, desde os primórdios da fotografia com a impressão da luz em materiais fotossensíveis até os algoritmos matemáticos que formam malhas tridimensionais, representa um marco significativo. Grande parte da tecnologia digital atual foi desenvolvida a partir de necessidades específicas, como as que surgiram após o lançamento do telescópio Hubble, impulsionando avanços na captura e transmissão de imagens. Da mesma forma, a transição da avaliação radiográfica bidimensional para a tomografia computadorizada tridimensional aprimorou a precisão das ferramentas de análise. Os sistemas de imagem 3D têm sido reconhecidos como alternativas superiores para medições lineares e angulares da face, em comparação com as imagens 2D.

869

É fundamental compreender as diferenças conceituais entre a formação de imagens bidimensionais e tridimensionais. As imagens 2D, obtidas por meio de princípios fotográficos, apresentam limitações em relação à perspectiva, iluminação, profundidade e outros aspectos. Já as malhas 3D, capturadas por scanners de luz estruturada, permitem uma representação mais completa e precisa da anatomia do paciente, oferecendo novas possibilidades para o planejamento cirúrgico e a avaliação dos resultados.

A fotografia tem sido um instrumento de estudo para avaliação comparativa da evolução pré e pós-operatória e planejamento cirúrgico, especialmente na cirurgia crâneo-maxilo-facial. Inicialmente com fotografias por revelação a partir de filmes fotográficos, evoluiu para as fotografias digitais. As câmeras digitais tiveram sua tecnologia aperfeiçoada e, com softwares específicos, cálculos quantitativos lineares e angulares puderam ser realizados a partir de fotografias bidimensionais. Avanços tecnológicos dispuseram à prática médica métodos de avaliação que variam desde estereofotogrametria, técnica de subtração de imagem, topografia de Moiré, varredura por cristal líquido, scanning de luz, estereolitografia

até os sistemas de vídeos. A tecnologia da informação introduziu cirurgias auxiliadas por computador.

Assim como na migração da avaliação radiográfica 2D para a tomografia computadorizada 3D, houve uma melhora na acurácia, e os sistemas de imagem 3D têm sido considerados uma alternativa superior na mensuração linear e angular da face em comparação com as imagens 2D.

A avaliação por tomografia computadorizada e/ou ressonância magnética possui desvantagens, pois pode não registrar com qualidade a morfologia externa pela presença de “ruídos”, limitando a informação das estruturas de partes moles, artefatos produzidos pela movimentação do paciente, restaurações metálicas, compressões teciduais pelo apoio, tempo para a realização e exposição à radiação ionizante, além de serem exames de custo elevado.

A utilização de imagens tridimensionais é comum em vários campos da ciência, como na geografia, arquitetura, indústria de peças automobilísticas e outras. Na Medicina, logo que tiveram início os primeiros estudos com scanner de superfície, foram feitos testes para aferir a acurácia das medições obtidas. Houve preocupação em estabelecer a correlação das medidas de antropometria, obtidas com os métodos consagrados de medição direta e indireta, com as obtidas pelo estudo virtual do modelo 3D, por meio de ferramentas específicas oferecidas pelos softwares.

870

Valente & Steffen (2018) concentram-se no uso da impressão 3D como um auxílio intraoperatório em rinoplastia, destacando a importância de um planejamento pré-operatório detalhado e de uma análise clínica abrangente para o sucesso do procedimento. Ao introduzir a digitalização e a impressão 3D doméstica, os autores propõem um método objetivo para visualizar e comparar a anatomia nasal do paciente durante a cirurgia. Essa abordagem permite que o cirurgião avalie os resultados de suas manobras, verifique a adesão ao plano cirúrgico e tome decisões mais informadas durante o procedimento.

Essa aplicação da impressão 3D como ferramenta de planejamento e auxílio intraoperatório está alinhada com a literatura externa. Autores como Jafar et al. (2017) enfatizam a importância do planejamento virtual 3D em cirurgia reconstrutiva, destacando que essa abordagem permite uma melhor visualização da anatomia do paciente, a simulação de diferentes cenários cirúrgicos e a personalização dos implantes. A impressão 3D, nesse contexto, serve como uma ferramenta para transferir o planejamento virtual para a realidade, auxiliando o cirurgião a executar o procedimento com maior precisão e previsibilidade.

A utilização de modelos tridimensionais na avaliação, planejamento e acompanhamento de pacientes na área da Cirurgia Plástica está em franco desenvolvimento. A possibilidade de visibilizar, por exemplo, a superfície de uma face de qualquer ângulo, distância e iluminação, por meio de malhas tridimensionais, faz com que a avaliação não sofra a influência do padrão fotográfico. Características da fotografia dependentes da qualidade da câmera, do foco, da iluminação, da definição da imagem, do fundo utilizado e outros, comprometem uma avaliação não só subjetiva como pode inviabilizar uma comparação objetiva de pré e pós-operatório.

Além das medidas antropométricas estabelecidas, pode-se quantificar medidas volumétricas de assimetria, medidas geodésicas, comparação de desvio de superfícies, cálculo de área de pele envolvida, espelhamento de imagem e muitos outros recursos com os softwares disponíveis.

Como aplicação clínica, pode-se citar o estudo de assimetria de face; planejamento de reconstruções com espelhamento do lado normal com o afetado; estudo comparativo antropométrico; cálculo de área de pele expandida em colocação de expansor tecidual; estudos de envelhecimento; criação de moldes tridimensionais; acompanhamento de tumores, como o hemangioma; volumetria de mama; avaliação de preenchimentos; simulação do resultado de uma cirurgia ortognática, com as mudanças transmitidas à superfície e outros.

871

O treinamento por meio de simuladores de cirurgias com dispositivos hápticos também são aplicações das malhas tridimensionais. Estudos têm sido feitos para desenvolver modelos que permitam deformações das malhas a partir de simuladores de realidade virtual com instrumentais que possibilitam simulação de procedimentos cirúrgicos.

A possibilidade de ter disponível o arquivo em 3D de um paciente permite o acesso a avaliações não previstas inicialmente em um estudo, proporcionando não só um recurso técnico, como uma possibilidade didática na relação médico/paciente.

Uma avaliação crítica pode ser feita em relação à necessidade do médico de adquirir novos conhecimentos para capacitá-lo a fazer seus próprios estudos, porém as gerações atuais estão mais familiarizadas com as inovações tecnológicas e também com experiências autodidatas de aprendizado no uso de softwares.

Lekakis et al. (2016) abordam o uso de imagens de superfície 3D em rinoplastia, analisando o conhecimento atual sobre o tema e destacando as direções futuras da avaliação pré e pós-operatória. O estudo aponta que a imagem de superfície 3D auxilia o cirurgião a se

comunicar com o paciente antes da cirurgia, a definir um plano cirúrgico apropriado e a medir as mudanças na forma e no volume do nariz resultantes da intervenção.

Essa perspectiva é corroborada por outros estudos na literatura. A imagem de superfície 3D permite uma avaliação objetiva e quantitativa da anatomia nasal, superando as limitações da fotografia 2D tradicional. Além disso, a imagem 3D facilita a comunicação entre o cirurgião e o paciente, permitindo que ambos visualizem os objetivos cirúrgicos e os resultados esperados. Autores como Farkas et al. (2015) demonstraram que a imagem de superfície 3D pode ser usada para medir com precisão as dimensões e os contornos do nariz, auxiliando no planejamento cirúrgico e na avaliação dos resultados.

Maschio et al. (2016) investigam a precisão de modelos de mandíbula de plástico produzidos com uma impressora 3D de modelagem por deposição fundida de baixo custo. O estudo conclui que esses modelos fornecem precisão dimensional comparável a outras tecnologias de prototipagem rápida bem estabelecidas, representando um passo em direção à maior acessibilidade dessas tecnologias no campo médico.

Essa conclusão é de grande importância, pois demonstra que a impressão 3D não é mais uma tecnologia restrita a grandes centros de pesquisa e hospitais com altos recursos. A disponibilidade de impressoras 3D de baixo custo torna essa tecnologia acessível a um número maior de cirurgiões e pacientes, democratizando o acesso a um planejamento cirúrgico mais preciso e personalizado. Autores como Evans et al. (2018) demonstraram que a impressão 3D de baixo custo pode ser usada para criar modelos anatômicos precisos para o planejamento de cirurgias ortognáticas, com resultados comparáveis aos obtidos com tecnologias mais caras.

872

Pfaff & Steinbacher (2016) fornecem uma visão geral do planejamento virtual tridimensional e oferecem um framework para aplicar esses sistemas à prática clínica em cirurgia plástica. O estudo destaca que o planejamento 3D pode aumentar a eficiência e a precisão, permitindo um melhor diagnóstico, comunicação com o paciente e transferência intraoperatória para alcançar os melhores resultados possíveis.

O planejamento virtual 3D tem se tornado uma ferramenta cada vez mais utilizada em cirurgia plástica. Essa abordagem permite que o cirurgião simule diferentes cenários cirúrgicos, avalie os resultados estéticos e funcionais e personalize os implantes e guias cirúrgicos. Autores como Choi et al. (2019) demonstraram que o planejamento virtual 3D

pode ser usado para melhorar a precisão e a previsibilidade da reconstrução facial, com resultados superiores aos obtidos com as técnicas convencionais.

Dornelles et al. (2016) abordam os aspectos conceituais, a acurácia da captação e ilustram aplicações clínicas das malhas tridimensionais em cirurgia plástica. O estudo estabelece a diferença conceitual entre fotografia e malha tridimensional, introduz os princípios da tecnologia 3D e apresenta as aplicações clínicas do método, evidenciando o uso promissor de modelos tridimensionais em cirurgia plástica, tanto no planejamento pré-operatório quanto no acompanhamento pós-cirúrgico.

As malhas tridimensionais são representações digitais da superfície de um objeto, obtidas por meio de scanners 3D ou outras técnicas de digitalização. Essas malhas podem ser usadas para criar modelos anatômicos virtuais ou físicos, para medir dimensões e contornos, e para comparar a anatomia pré e pós-operatória. Autores como Motwani et al. (2017) demonstraram que as malhas tridimensionais podem ser usadas para avaliar com precisão as mudanças no volume e na forma da face após a cirurgia ortognática, auxiliando no planejamento de revisões cirúrgicas e no acompanhamento dos pacientes.

Os estudos analisados, embora com diferentes focos e metodologias, convergem para a conclusão de que a impressão 3D tem um grande potencial para transformar a cirurgia plástica. Valente & Steffen (2018) e Lekakis et al. (2016) destacam o uso da impressão 3D no planejamento e na execução da rinoplastia, enquanto Maschio et al. (2016) demonstram a viabilidade de usar impressoras 3D de baixo custo para criar modelos anatômicos precisos. Pfaff & Steinbacher (2016) fornecem uma visão geral do planejamento virtual 3D em cirurgia plástica, e Dornelles et al. (2016) abordam os aspectos conceituais e as aplicações clínicas das malhas tridimensionais.

873

Esses estudos estão alinhados com a literatura externa, que demonstra os benefícios da impressão 3D em diversas áreas da cirurgia plástica, como reconstrução facial, mamoplastia, cirurgia ortognática e cirurgia craniofacial. A impressão 3D permite um planejamento cirúrgico mais preciso e personalizado, a criação de modelos anatômicos virtuais e físicos, a fabricação de guias cirúrgicos e implantes sob medida, e a avaliação objetiva dos resultados cirúrgicos.

No entanto, é importante ressaltar que a impressão 3D ainda enfrenta desafios, como o custo da tecnologia, a necessidade de habilidades especializadas e a regulamentação dos implantes impressos em 3D. Além disso, a maioria dos estudos sobre impressão 3D em

cirurgia plástica são estudos de caso ou séries de casos, com amostras pequenas e sem grupos de controle. São necessários mais estudos clínicos randomizados e controlados para avaliar de forma rigorosa a eficácia e a segurança da impressão 3D em cirurgia plástica.

A impressão 3D tem o potencial de transformar a prática clínica da cirurgia plástica, permitindo um planejamento cirúrgico mais preciso e personalizado, a criação de modelos anatômicos virtuais e físicos, a fabricação de guias cirúrgicos e implantes sob medida, e a avaliação objetiva dos resultados cirúrgicos. Essa tecnologia pode melhorar a precisão e a previsibilidade dos resultados, reduzir o tempo cirúrgico e o risco de complicações, e aumentar a satisfação dos pacientes.

Para que a impressão 3D seja amplamente adotada na cirurgia plástica, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento, reduzir os custos da tecnologia, fornecer treinamento especializado para os cirurgiões e estabelecer regulamentações claras para os implantes impressos em 3D. Além disso, são necessários mais estudos clínicos randomizados e controlados para avaliar de forma rigorosa a eficácia e a segurança da impressão 3D em cirurgia plástica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

874

A impressão 3D, ao otimizar o planejamento e a execução de procedimentos cirúrgicos, contribui significativamente para o aumento da precisão, a redução do tempo cirúrgico e a melhoria dos resultados estéticos e funcionais em pacientes submetidos à cirurgia plástica. As técnicas como o planejamento virtual da cirurgia e a utilização de guias cirúrgicos personalizados, estão associadas a uma maior precisão na execução dos procedimentos e a uma menor taxa de complicações pós-operatórias, evidenciando o papel positivo dessa tecnologia. Ademais, a aplicação de modelos anatômicos impressos em 3D para o planejamento pré-operatório e a confecção de implantes personalizados demonstram melhorar a simetria, a harmonia e a naturalidade dos resultados estéticos, além de otimizar a função em casos de reconstrução. Em comparação com as técnicas cirúrgicas convencionais, as abordagens que incorporam a impressão 3D oferecem resultados clínicos e estéticos superiores. A utilização proativa da impressão 3D, portanto, afigura-se essencial para o planejamento e a execução eficaz de procedimentos de cirurgia plástica, promovendo não apenas resultados mais precisos e previsíveis, mas também reduzindo o risco de complicações e melhorando a satisfação dos pacientes.

REFERÊNCIAS

- CHOI, J. W. et al. Three-dimensional virtual surgical planning and template-assisted reconstruction for complex facial deformities. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 30, n. 5, p. 1375-1380, 2019.
- DORNELLES, R. F. V.; ALONSO, N.; TISSIANI, L. A. L.; SOUZA, A. R.; CARDIM, V. L. N. Uso de malhas tridimensionais em cirurgia plástica. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 31, n. 1, p. 25-31, 2016.
- EVANS, G. R. et al. Accuracy of three-dimensional printed models for orthognathic surgical planning. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 76, n. 1, p. 109-117, 2018.
- FARKAS, L. G. et al. Three-dimensional surface anthropometry of the face. *Craniofacial Surgery*, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2015.
- JAFAR, M. S. et al. Virtual surgical planning and computer-aided design/computer-aided manufacturing for reconstructive surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v. 139, n. 4, p. 887-897, 2017.
- LEKAKIS, G.; CLAES, P.; HAMILTON III, G. S.; HELLINGS, P. W. Three-Dimensional Surface Imaging and the Continuous Evolution of Preoperative and Postoperative Assessment in Rhinoplasty. *Facial Plastic Surgery*, v. 32, n. 01, p. 088-094, 2016.
- MARICEVICH, P. et al. Prototipagem: aplicações na cirurgia craniomaxilofacial do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO)-RJ. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 30, n. 4, p. 626-632, 2015. 875
- MASCHIO, F. et al. Experimental validation of plastic mandible models produced by a “low-cost” 3-dimensional fused deposition modeling printer. *Medical Science Monitor*, v. 22, p. 943, 2016.
- MOTWANI, M. et al. Three-dimensional soft tissue analysis in orthognathic surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 75, n. 6, p. 1269-1278, 2017.
- PFAFF, M. J.; STEINBACHER, D. M. Plastic surgery applications using three-dimensional planning and computer-assisted design and manufacturing. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v. 137, n. 3, p. 603e-616e, 2016.
- VALENTE, D. S.; STEFFEN, N. Uso de digitalizador e impressora doméstica em 3 dimensões em rinoplastia. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 33, n. 1, p. 115-118, 2018.