

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CURSO DE BACHARELADO EM MEDICINA

MAYSA REGINA DE ASSIS LIMA

**USO DA IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL NA CIRURGIA CARDIOVASCULAR
CONGÊNITA**

UMA REVISÃO INTEGRATIVA

CAJAZEIRAS

2024

MAYSA REGINA DE ASSIS LIMA

**USO DA IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL NA CIRURGIA CARDIOVASCULAR
CONGÊNITA**

UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Artigo apresentado como Trabalho de conclusão de Curso (TCC), ao curso de Bacharelado em Medicina, da Unidade Acadêmica de Ciências da Vida, da Universidade Federal de Campina Grande, campus Cajazeiras, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Medicina.

Orientadora: Profa. Dra. Rafaelle Cavalcante de Lira

CAJAZEIRAS

2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação -(CIP)

L732u Lima, Maysa Regina de Assis.
 Uso da impressão tridimensional na cirurgia cardiovascular
 congenita: uma revisão interativa / Maysa Regina de Assis Lima. -
 Cajazeiras, 2024.
 19f. : il. Color.
 Bibliografia.

 Orientadora: Profa. Dra. Rafaelle Cavalcante de Lira.
 Artigo (Bacharelado em Medicina) UFCG/CFP, 2024.

 1. Cirurgia cardiovascular congênita. 2. Malformações congênitas.
 3. Impressão tridimensional. 4. Procedimento cirúrgico. I. Lira, Rafaelle
 Cavalcante de. II. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU – 616.12- 089

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Denize Santos Saraiva Lourenço CRB/15-046

MAYSA REGINA DE ASSIS LIMA

**USO DA IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL NA CIRURGIA CARDIOVASCULAR
CONGÊNITA**

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao curso de Bacharelado em Medicina, da Unidade Acadêmica de Ciências da Vida, da Universidade Federal de Campina Grande, campus Cajazeiras, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Medicina.

Data da aprovação: 02/12/2024

BANCA EXAMINADORA

Rafaelle Cavalcante de Lira

Prof. Dra. Rafaelle Cavalcante de Lira
Orientadora – UACV/CFP/UFCG

Maria do Carmo Andrade Duarte de Farias

Prof. Dra. Maria do Carmo Andrade Duarte de Farias
Examinadora – UACV/CFP/UFCG

José Olivandro Duarte de Oliveira

Prof. Dr. José Olivandro Duarte de Oliveira
Examinador – UACV/CFP/UFCG

RESUMO

A doença cardíaca congênita é uma anomalia macroscópica do coração ou dos grandes vasos intratorácicos que pode ter ou não repercussões importantes para os indivíduos portadores. Nesse contexto, cirurgias podem ser necessárias, para auxiliar nessas correções o uso da impressão tridimensional é algo que pode tornar as intervenções cirúrgicas ainda mais eficazes. O objetivo do estudo foi realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso da impressão tridimensional para aumento da eficácia na cirurgia cardiovascular congênita. Trata-se de uma revisão integrativa de literatura realizada na Biblioteca Virtual em saúde, por meio da seguinte fórmula de busca: Cardiopatias Congênitas AND Procedimentos Cirúrgicos Cardiovasculares AND Impressão Tridimensional, nos idiomas inglês e espanhol, nos últimos 5 anos. A amostra final foi constituída de 10 artigos. Foi observado que o uso de modelos tridimensionais na cirurgia cardíaca congênita pode ajudar a gerar expertise técnica dos cirurgiões com menor risco para o paciente, além de ajudar no planejamento da cirurgia e da equipe multidisciplinar.

Palavras-chave: Malformações Congênitas, Cirurgia Cardiovascular, Impressão Tridimensional, Procedimento Cirúrgico.

ABSTRACT

Congenital heart disease is a macroscopic anomaly of the heart or large intrathoracic vessels that may or may not have significant repercussions for individuals with the condition. In this context, surgeries may be necessary. To assist in these corrections, the use of three-dimensional printing is something that can make surgical surgeries even more effective. The objective of the study was to conduct a bibliographic survey on the use of three-dimensional printing to increase the effectiveness of congenital cardiovascular surgery. This is an integrative literature review carried out in the Virtual Health Library, using the following search formula: Congenital Heart Diseases AND Cardiovascular Surgical Procedures AND Three-Dimensional Printing, in English and Spanish, over the last 5 years. The final sample was presented with 10 articles. It was observed that the use of three-dimensional models in congenital heart surgery can help generate technical expertise for surgeons with less risk to the patient, in addition to helping in planning the surgery and the multidisciplinary team.

Keywords: Congenital Heart Disease, Cardiovascular Surgery, Three-Dimensional Printing, Surgical Procedure.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA.....	7
3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	9
4 CONCLUSÃO.....	15
5 REFERÊNCIAS.....	15

1 INTRODUÇÃO

A tela *The Doctor* representa, em óleo sobre tela, a angústia de pais que esperam uma solução de um médico. Na imagem, representado em primeiro plano, está o médico, pensando no melhor tratamento possível para uma criança em estado de doença grave. Esse mesmo sentimento de tentativa de entendimento acerca de uma patologia levou profissionais da saúde a usarem a impressão tridimensional para elucidar o melhor tratamento a ser empregado para a cardiopatia específica de cada criança (FIELDS, 1891).

As cardiopatias congênitas são alterações anatômicas do coração ou dos grandes vasos presentes desde o nascimento e que podem interferir no funcionamento hemodinâmico cardiovascular. Nesse cenário, algumas vezes a cirurgia é necessária para fazer correções que permitam a diminuição da morbimortalidade dos pacientes, mas por serem estruturas complexas e delicadas é necessário que os cirurgiões conheçam a anatomia do paciente e que treinem suas habilidades de forma a ter uma curva de aprendizado satisfatória que não traga riscos aos pacientes.

A impressão tridimensional é citada na literatura desde a década de 90 como sendo útil para a impressão de modelos anatômicos através de imagens como tomografia computadorizada e ressonância magnética (Mankovich; Cheeseman; Stoker, 1990). O uso dessas impressões para entendimento da anatomia cardíaca foi descrito como satisfatório por Gerald. F. Greil *et al.* (2007). Nesse contexto, a questão norteadora dessa pesquisa é: O uso da impressão tridimensional para auxiliar a cirurgia cardiovascular congênita promove aumento da eficácia desses procedimentos? Tendo por objetivo analisar o impacto da impressão tridimensional na execução e efetividade das cirurgias cardíacas congênitas.

A utilização da impressão tridimensional tem se mostrado uma ferramenta inovadora e promissora no campo da cirurgia cardíaca congênita. Essa tecnologia revolucionária permite a criação de modelos físicos precisos e detalhados do coração, possibilitando aos cirurgiões uma visualização mais clara das complexas estruturas anatômicas envolvidas nas cardiopatias congênitas. Ao imprimir modelos tridimensionais, os profissionais de saúde ganham acesso a uma representação tangível dos órgãos e vasos sanguíneos afetados, o que facilita o planejamento cirúrgico e o treinamento prévio para procedimentos de correção (Nam *et al.*, 2021).

Alguns exames de imagem são indicados para diagnóstico, acompanhamento e criação de estratégia cirúrgica, como ecocardiograma, angiografia por cateterismo cardíaco, tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RM). Cabe dizer que todos esses exames de imagem podem ser usados para fornecer reconstruções virtuais tridimensionais que podem ser impressas para auxiliar no planejamento e treinamento para cirurgia de correção parcial ou total do defeito cardíaco congênito (Cano-Zárate *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a impressão tridimensional tem se destacado como uma valiosa ferramenta para auxiliar cirurgias em procedimentos corretivos dessas condições cardíacas complexas. Por serem estruturas delicadas e de difícil acesso cirúrgico, a precisão e o planejamento adequado são essenciais para garantir a segurança e eficácia do procedimento. Através da impressão de modelos tridimensionais do coração do paciente, os cirurgias podem estudar com detalhes a anatomia específica, identificar malformações e mapear a melhor abordagem cirúrgica, minimizando possíveis riscos e complicações durante as intervenções (Perens *et al.*, 2020).

Além disso, a impressão tridimensional permite uma melhor compreensão das particularidades anatômicas de cada paciente, visto que as cardiopatias congênitas podem variar significativamente entre indivíduos. Essa personalização é fundamental para o sucesso da cirurgia, uma vez que as soluções padronizadas podem não ser adequadas para abordar as variações anatômicas presentes em diferentes casos (Hussein *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

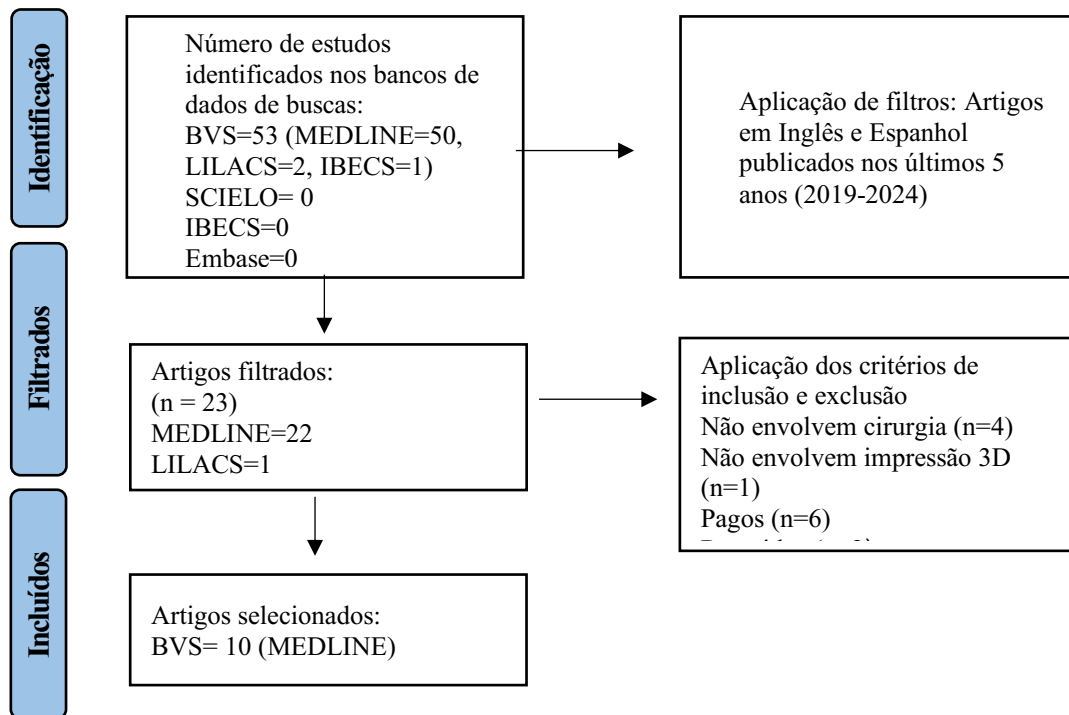
O estudo em questão é uma revisão integrativa da literatura, portanto, descritiva e retrospectiva que faz uma síntese dos conteúdos encontrados em busca de entender sobre o uso da impressão tridimensional para auxílio na efetiva realização de cirurgias cardiovasculares para posterior análise. A elaboração da revisão integrativa da literatura é dividida em 6 partes: 1) Elaboração da pergunta norteadora; 2) Busca ou amostragem na literatura; 3) Coleta de dados; 4) Análise crítica dos estudos Incluídos; 5) Discussão dos resultados e 6) Apresentação da revisão integrativa (Souza, Silva, Carvalho; 2010).

Ademais, a revisão integrativa de literatura permite compilar conhecimentos produzidos sobre determinado assunto para posterior análise que possa embasar decisões clínicas. Nesse contexto, na primeira etapa da pesquisa, para definir a questão de pesquisa foi usada a estratégia PICO, que é composta por 4 elementos: P (população ou problema); I (intervenção proposta);

C (controle ou comparação), porém o desfecho não cabe para este estudo (Santos, Pimenta, Nobre; 2007). A questão norteadora da pesquisa foi: O uso da impressão tridimensional para auxiliar a cirurgia cardiovascular congênita promove aumento da eficácia desses procedimentos?

Na segunda etapa, para responder essa questão, foi realizada uma pesquisa na Biblioteca Virtual em Saúde com os descritores em saúde e o operador booleano AND, descritos na seguinte fórmula de busca: “Cardiopatias Congênitas” AND “Procedimentos Cirúrgicos Cardiovasculares” AND “Impressão Tridimensional”. A fórmula de busca foi empregada na Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), na Scientific Electronic Library Online (Scielo), na PubMed e na Embase. Na Scielo, Pubmed e Embase não foi encontrado nenhum artigo. Na BVS foram encontrados 53 artigos, sendo 50 na National Library of Medicine (MEDLINE), 2 na Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e 1 na Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud (IBECS). Em seguida, foram aplicados os filtros: textos completos em inglês e espanhol e artigos publicados nos últimos 5 anos (2019-2024). Após aplicação dos filtros restaram 22 artigos na MEDLINE e 1 artigo na LILACS. Esses 23 artigos foram lidos e foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: Texto na íntegra disponível de forma gratuita e artigos com assunto principal sendo o uso da impressão 3D para aumento da eficácia de cirurgias cardíacas. Os critérios de exclusão foram: artigos pagos, artigos com tema principal diferente do uso da impressão 3D para aumento da eficácia de cirurgias cardíacas e artigos repetidos. Dessa forma, foram selecionados 10 artigos da MEDLINE para composição dessa revisão integrativa de literatura. Cabe ainda dizer que, a amostra final foi composta por 1 Ensaio Clínico, 5 Estudos Experimentais e 4 Revisões de Literatura, não foi escolhido somente um tipo de estudo, com a finalidade de diversificar a amostra. As etapas para encontro da amostra foram descritas no fluxograma a seguir, feito com adaptações para ser usado nesta revisão integrativa, a partir do fluxograma para novas revisões sistemáticas que incluíram pesquisas apenas em bases de dados e registros que é descrito pelas orientações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Page *et al.*, 2021).

Figura 1- Fluxograma para seleção dos artigos



Na terceira etapa, referente à coleta de dados, os dados foram organizados em uma tabela para descrição do título, tipo de estudo, local, autores e resultados. Nesse contexto, tais dados foram escolhidos de forma a responder à questão de pesquisa de forma satisfatória. Na quarta etapa, a análise crítica dos dados foi feita para avaliar os níveis de evidência dos artigos de acordo com o tipo de pesquisa, os níveis de evidência foram descritos na tabela de resultados. Assim, o estudo foi composto por artigos com níveis de evidência 2 e 4. É importante deixar claro que, o nível de evidência 2 se refere a estudos com evidências obtidas em estudos individuais com delineamento experimental, já o nível de evidência 4 se refere a estudos com evidências de estudos descritivos (não- experimentais) ou com abordagem qualitativa (Souza, Silva, Carvalho; 2010). Os níveis de evidência foram observados para permitir a capacidade de analisar e aplicar as informações científicas de forma racional na prática clínica (Faria; Lima; Filho, 2021). Em seguida, foram realizadas as etapas 5 e 6, para melhor elucidar os impactos da impressão tridimensional na boa prática das correções cirúrgicas das cardiopatias congênitas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 1: Informações sobre os artigos selecionados

Título	Tipo de estudo	Local	Autores	Resultados	Nível de evidência
O efeito da modelagem 3D na qualidade de vida familiar, sucesso cirúrgico e desfechos de pacientes em cardiopatias congênitas: objetivos e desenho de um ensaio clínico randomizado controlado	Ensaio Clínico	Istambul, Turquia	SÜMENGİN, Akça Aylin et al.	Modelos de impressão tridimensional estão sendo mais usados atualmente, com bom equipamento e conhecimento é possível usá-los para estimular uma melhor qualidade de vida familiar e para uma melhor simulação cirúrgica	2
Avaliação Longitudinal do Desempenho Cirúrgico Cardiovascular Congênito e Retenção de Habilidades Usando Modelos de Coração Moldado em Silicone	Estudo Experimental	Toronto, Canadá	PONZONI, Matteo et al.	Uma única sessão pode ser realizada para procedimentos simples para alcance de resultado em médio prazo no que se refere ao desempenho cirúrgico e eficiência. No caso de procedimentos complexos há necessidade de realizar repetições do treinamento sem atraso excessivo para manter o aprendizado a longo prazo	2
Treinamento de habilidades em cirurgia cardíaca congênita usando modelos de simulação: não é uma opção, mas uma necessidade	Revisão de literatura	Toronto, Canadá	YOO, Shi-Joon; HUSSEIN, Nabil; BARRON, David J.	A falta de modelos para treinamento cirúrgico pode ser extinta com o uso da impressão tridimensional. Dessa forma, todos os cirurgiões cardíacos devem considerar concluir o treinamento de simulação antes de realizar operações reais.	4
Efeitos da impressão 3D no planejamento cirúrgico de cardiopatias congênitas	Estudo experimental	Cidade do México, México	CANO-ZÁRATE, Roberto et al.	O uso de impressão tridimensional ajuda a delinear relações anatômicas melhor que o método bidimensional para melhorar a terapêutica cirúrgica	2
Impressão tridimensional de modelos de cardiopatias congênitas para simulação de cirurgia cardíaca: avaliação da melhoria da	Estudo experimental	Seul, Coréia	NAM, Ju Gang et al.	Cirurgiões inexperientes melhoraram a proficiência cirúrgica e o tempo de operação com a experiência de treino em 3 cirurgias de simulação	2

habilidade cirúrgica entre cirurgiões cardiotorácicos inexperientes					
A incorporação do treinamento cirúrgico prático em um currículo de treinamento em cirurgia cardíaca congênita	Estudo experimental	Toronto, Canadá	HUSSEIN, Nabil et al.	A implantação de um curso mensal de treinamento em modelos tridimensionais incluiu medidas objetivas para avaliar o desempenho técnico e mostrou melhoria na maioria dos procedimentos executados por todos os cirurgiões. Além disso, aconteceu retenção do aprendizado das habilidades técnicas mesmo com atrasos prolongados	2
Impressão tridimensional em cirurgia cardíaca congênita - Agora e o futuro	Revisão de literatura	Los Angeles, Califórnia	ARSDELL, Glen S. Van; HUSSEIN, Nabil; YOO, Shi-Joon.	O uso de modelos para diagnóstico, planejamento cirúrgico e treinamento cirúrgico está apenas começando. O acesso aos modelos permite um entendimento maior da cardiopatia. A demanda por modelos aumentará e a possibilidade de melhorar a qualidade dos procedimentos cirúrgicos também	4
Avaliação quantitativa do desempenho técnico durante o treinamento cirúrgico prático da operação de comutação arterial usando modelos cardíacos impressos em 3 dimensões	Estudo experimental	Toronto, Canadá	HUSSEIN, Nabil et al.	Os treinamentos foram filmados e 80% dos cirurgiões melhoraram desde a primeira tentativa. Todos os cirurgiões foram estatisticamente mais rápidos em sua segunda tentativa. Essas avaliações devem ser incorporadas aos currículos para treinamentos estruturados e padronizados em cirurgia cardíaca congênita	2
Viver o coração em três dimensões: aplicações da impressão 3D em CHD	Revisão de literatura	Londres, Reino Unido	FORTE, Mari Nieves Velasco et al.	Modelos impressos em 3 dimensões têm efeito significativo na tomada de decisões clínicas e no planejamento de procedimentos cirúrgicos cardíacos, permitindo o desenvolvimento de novas técnicas e abordagens em	4

				pacientes com doença cardíaca congênita	
Aplicações atuais e futuras da impressão 3D em cardiologia congênita e cirurgia cardíaca	Revisão de literatura	Londres, Reino Unido	MILANO, Elena Giulia et al.	Apesar da atratividade, faltam evidências científicas da utilidade da impressão tridimensional na Doença Cardíaca Congênita. Além disso, o custo, o tempo para produção de modelos e a necessidade de experiência em imagens cardiovasculares e engenharia dificultam o uso da impressão tridimensional	4

O estudo desenvolvido por Sümengen *et al.* (2024), foi um ensaio clínico para avaliação do impacto da modelagem 3D no sucesso cirúrgico e desfecho de pacientes com cardiopatia congênita. Nesse estudo, os modelos individuais eram usados para ajudar na criação de estratégias cirúrgicas e para auxiliar no processo de explicação da cirurgia para os familiares. No grupo controle, a discussão com a família era realizada usando um modelo anatômico usual. A pesquisa mostrou que o uso da impressão 3D pode melhorar a simulação cirúrgica e a preparação da família e da equipe hospitalar.

Os profissionais de saúde podem praticar em modelos impressos antes de realizar a intervenção real, aprimorando suas habilidades técnicas e ganhando confiança para enfrentar casos desafiadores. Essa capacidade de treinamento prévio é particularmente valiosa em cirurgias cardíacas congênitas, onde a precisão e a destreza cirúrgica são cruciais para o sucesso do procedimento (Mokkarala *et al.* 2020).

Também é importante dizer que, a impressão tridimensional possibilita uma abordagem multidisciplinar na equipe. Cirurgiões, cardiologistas, radiologistas e outros profissionais de saúde podem trabalhar juntos no planejamento do procedimento, compartilhando suas perspectivas e conhecimentos para garantir o melhor resultado possível. Essa colaboração estreita entre especialistas permite uma análise mais completa do caso, resultando em um plano cirúrgico mais abrangente e bem-sucedido (Han *et al.* 2019).

Com a intenção de entender se o aprendizado para a cirurgia mudava de acordo com a dificuldade do procedimento, um estudo desenvolvido por Matteo Ponzoni *et al.* (2024) analisou o aprendizado de cinco estagiários para realização de cirurgia de reparação de coartação de aorta e de troca de vasos arteriais, procedimentos considerados de baixa e de alta dificuldade técnica, respectivamente. Foram analisados o tempo processual e o desempenho

técnico. O estudo mostrou que o aumento da complexidade do procedimento exige que sejam realizadas mais sessões de treinamentos cirúrgicos práticos para manter o aprimoramento das habilidades a longo prazo. No entanto, o estudo também mostrou que uma única sessão também melhorou a técnica cirúrgica em procedimentos mais simples a médio prazo. Além disso, houve redução consistente do tempo de procedimento. Da mesma forma, em outro estudo, o tempo para realização do procedimento de correção de Tetralogia de Fallot foi reduzido para cirurgiões cardíacos experientes e inexperientes (NAM *et al.*, 2021).

O artigo escrito por Mari Forte *et al.* (2019) traz também a possibilidade de uso da impressão 3D para uso no planejamento do reparo de doenças cardíacas congênitas por cateterismo cardíaco que, por exemplo, pode ser uma opção alternativa à cirurgia aberta no tratamento da Tetralogia de Fallot.

O artigo escrito por Nabil Hussein *et al.* (2020) demonstra que houve redução média de 22 minutos e 19 segundos entre a primeira e a segunda vez que um cirurgião treinou o procedimento de troca de vasos arteriais. Outro estudo realizado por Nabil Hussein *et al.* (2021) avalia a eficácia da implantação de um Treinamento mensal cirúrgico prático para treinamento em cirurgia cardíaca congênita. Nesse contexto, a pesquisa também demonstrou melhora nas habilidades e execução do procedimento em menos tempo. Além desses resultados, o estudo trouxe que há retenção das habilidades adquiridas mesmo após um atraso de 2 a 14 meses entre os treinamentos.

Um estudo conduzido por Roberto Cano-Zárate *et al.* (2021), foi realizado com o objetivo de elucidar os efeitos da impressão tridimensional no planejamento cirúrgico de cardiopatias congênitas. Dessa forma, o estudo mostrou que a criação de réplicas táteis de imagens 3D é útil para detectar achados inesperados em cardiopatias congênitas raras e complexas. Nesse contexto, é possível que decisões terapêuticas melhores sejam feitas, visto que as relações anatômicas são mais elucidadas no modelo 3D.

Em outra esfera de trabalho, os músicos ensaiam para executar com perfeição suas apresentações, é preciso que os cirurgiões também possam treinar. Nesse contexto, o treinamento dos cirurgiões em modelos permite que a cirurgia seja executada com planejamento anterior e executada com maestria. Outrossim, é difícil transformar imagens bidimensionais em imagens tridimensionais no pensamento, até mesmo para ecografistas e cirurgiões experientes. Além disso, em algumas situações como nos reparos de túneis intracardíacos a decisão cirúrgica é melhor tomada depois da exploração intraoperatória do coração, nessas situações os modelos ajudariam o cirurgião a já entender no tempo pré-operatório qual seria a melhor técnica a ser usada (Arsdell; Hussein; Yoo, 2020).

Os modelos também podem ser impressos em tamanhos maiores para possibilitar o melhor estudo de pequenas estruturas cardíacas. Tendo a impressão 3D vários usos para pesquisas, decisões clínicas e comunicação. Além disso, os modelos também são úteis para entender a anatomia de um coração que já passou por outras cirurgias (Milano *et al.*, 2019).

Um ponto-chave na discussão é a personalização proporcionada pela impressão tridimensional. Cada paciente apresenta particularidades anatômicas únicas, mesmo que tenha o mesmo diagnóstico de cardiopatia congênita. Com os modelos impressos, é possível criar abordagens cirúrgicas personalizadas para cada indivíduo, levando em consideração suas características anatômicas específicas. Essa individualização aumenta a eficácia do procedimento e diminui os riscos associados a soluções padronizadas (Parimi *et al.*, 2018).

Um estudo desenvolvido por Shi-Joon Yoo, Nabil Hussein e David J. Barron (2022) analisou o uso de peças feitas em silicone que representassem a maioria dos defeitos cardíacos congênitos. Esse artigo é categórico ao afirmar que a simulação em peças deve ser mandatória e não mais uma opção. Geralmente o treinamento técnico dos cirurgiões se baseia em preceptorias nas quais o residente é exposto gradualmente aos pacientes na sala de cirurgia. Nesse contexto, o uso de modelos impressos permite o treino sem estresse, com feedback instantâneo e sem riscos para o paciente.

No entanto, apesar dos benefícios promissores, a implementação da impressão tridimensional na cirurgia cardíaca congênita também enfrenta desafios. Um deles é o custo associado a essa tecnologia. A impressão tridimensional ainda é uma tecnologia emergente e pode ser dispendiosa, dificultando o acesso em algumas instituições de saúde, especialmente em países com recursos limitados. É fundamental trabalhar para tornar essa tecnologia mais acessível, a fim de ampliar seu impacto positivo em uma maior quantidade de pacientes. Além disso, a utilização da impressão tridimensional exige profissionais de saúde devidamente capacitados e experientes no manuseio dessa tecnologia. É necessário que a equipe médica esteja familiarizada com os softwares de modelagem 3D, a obtenção de imagens necessárias e a impressão propriamente dita. A capacitação adequada é essencial para garantir resultados precisos e confiáveis (Farooqi; Mahmood, 2018).

O uso de modelos tridimensionais para treino de correções de cardiopatias congênitas é uma solução para os riscos de expor o paciente a um procedimento realizado por um cirurgião inexperiente. A curva de aprendizado é muito longa para o cirurgião cardíaco, nesse contexto, o uso de modelos específicos para correções específicas pode permitir um aprimoramento mais rápido e seguro das técnicas cirúrgicas empregadas.

No entanto, a implantação desse avanço tecnológico enfrenta dificuldades nos países desenvolvidos que são ainda maiores em países subdesenvolvidos, dentre elas o custo e a capacitação dos profissionais envolvidos.

Apesar de ser um horizonte distante para alguns centros, não é por isso que devemos apenas descartar essa possibilidade. É nítido que, a possibilidade de melhorar a conduta cirúrgica e personalizá-la para cada paciente representa o que todo cirurgião gostaria de fazer para seus pacientes, assim como, o tratamento que todos os pais gostariam de proporcionar às suas crianças. Nesse ínterim, novos estudos são necessários para entender também como o aprendizado é feito nos países subdesenvolvidos e como ele pode ser melhorado dentro de possibilidades reais e tangíveis.

5 CONCLUSÃO

O uso da impressão 3D para entendimento da anatomia cardíaca é útil para melhorar a eficácia de cirurgias de correção total ou parcial de cardiopatias congênitas. Nesse contexto, os impressos permitem que os cirurgiões treinem os procedimentos e pensem em possíveis complicações e soluções antes do tempo cirúrgico. Além disso, o treinamento permite que o aprendizado da técnica não coloque o paciente em risco desnecessário.

A impressão tridimensional também pode ser usada para que toda a equipe possa participar do planejamento cirúrgico e do planejamento de cuidados pós-cirúrgicos específicos para o paciente, garantindo, assim, uma menor morbimortalidade. No entanto, ainda é preciso vencer os desafios de custos, da organização dos funcionários envolvidos, da infraestrutura e da logística. Ademais, os estudos mostram que cirurgiões experientes e inexperientes podem se beneficiar para a melhor eficácia de procedimentos de maior e menor complexidade. À luz de tal tecnologia, será possível ver, tocar e treinar antes do momento de agir.

REFERÊNCIAS

- ARSDELL, Glen S. Van; HUSSEIN, Nabil; YOO, Shi-Joon. Three-dimensional printing in congenital cardiac surgery—now and the future. **The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 160, n. 2, p. 515-519, 2020. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-32417055>. Acesso em: 07/11/2024.
- CANO-ZÁRATE, Roberto et al. Impact of 3D printing in surgical planning of congenital heart disease. **Archivos de cardiología de México**, v. 91, n. 1, p. 1-6, 2021. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-33661871>. Acesso em: 07/11/2024.

FARIA, Lina; LIMA, José Antonio de Oliveira; FILHO, Naomar Almeida. Medicina baseada em evidências: breve aporte histórico sobre marcos conceituais e objetivos práticos do cuidado. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 28, n. 1, p. 59-78, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hcsm/a/R8z4HdFLyXTRWk6dmxBgvkK/> Acesso em: 04/12/2024.

FAROOQI, Kanwal M.; MAHMOOD, Feroze. Innovations in preoperative planning: insights into another dimension using 3D printing for cardiac disease. **Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia**, v. 32, n. 4, p. 1937-1945, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053077017309199>. Acesso em: 07/11/2024.

FIELDS, Samuel Luke. The Doctor. **Galeria Tate**. Londres (1891).

FORTE, Mari Nieves Velasco et al. Living the heart in three dimensions: applications of 3D printing in CHD. **Cardiology in the Young**, v. 29, n. 6, p. 733-743, 2019. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-31198120>. Acesso em: 07/11/2024.

GREIL, Gerald F. et al. Stereolithographic reproduction of complex cardiac morphology based on high spatial resolution imaging. **Clinical Research in Cardiology**, v. 96, p. 176-185, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00392-007-0482-3>. Acesso em: 07/11/2024.

HAN, Frank et al. Impact of 3D printouts in optimizing surgical results for complex congenital heart disease. **World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery**, v. 10, n. 5, p. 533-538, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31496399/>. Acesso em: 07/11/2024.

HUSSEIN, Nabil et al. Quantitative assessment of technical performance during hands-on surgical training of the arterial switch operation using 3-dimensional printed heart models. **The Journal of thoracic and cardiovascular surgery**, v. 160, n. 4, p. 1035-1042, 2020. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022522319398770>. Acesso em: 07/11/2024.

HUSSEIN, Nabil et al. The incorporation of hands-on surgical training in a congenital heart surgery training curriculum. **The Annals of Thoracic Surgery**, v. 112, n. 5, p. 1672-1680, 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33307072/>. Acesso em: 07/11/2024.

MANKOVICH, Nicholas J.; CHEESEMAN, Andrew M.; STOKER, Noel G. The display of three-dimensional anatomy with stereolithographic models. **Journal of digital imaging**, v. 3, p. 200-203, 1990. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03167610>. Acesso em: 07/11/2024.

MILANO, Elena Giulia et al. Current and future applications of 3D printing in congenital cardiology and cardiac surgery. **The British journal of radiology**, v. 92, n. 1094, p. 20180389, 2019. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-30325646>. Acesso em: 09/11/2024.

MOKKARALA, Mahati et al. Coronary-cameral fistula with double-chambered right ventricle: appearance on cardiac magnetic resonance imaging and 3D printed anatomic modeling. **Clinical imaging**, v. 59, n. 1, p. 84-87, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31760282/>. Acesso em: 09/11/2024.

NAM, Ju Gang et al. Three-dimensional printing of congenital heart disease models for cardiac surgery simulation: evaluation of surgical skill improvement among inexperienced cardiothoracic surgeons. **Korean Journal of Radiology**, v. 22, n. 5, p. 706, 2021. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mdl-33543844>. Acesso em: 09/11/2024.

PAGE, Matthew J et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Bmj**, [S.L.], p. 71, 29 mar. 2021. BMJ. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33782057/>. Acesso em: 04/12/2024.

PARIMI, Manoj et al. Feasibility and validity of printing 3D heart models from rotational angiography. **Pediatric cardiology**, v. 39, p. 653-658, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00246-017-1799-y>. Acesso em: 09/11/2024.

PERENS, Gregory et al. Three-dimensional congenital heart models created with free software and a desktop printer: assessment of accuracy, technical aspects, and clinical use.

World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery, v. 11, n. 6, p. 797-42Xoymoo6tuJHuVY6CHK73d1Jfjsn9hz6KEPtKY6afm3WBEfjisD8kXBgXPtcqez6fFcnVeUwSzb5LcevfRwKVqQJY4mVcem: 09/11/2024.

PONZONI, Matteo et al. Longitudinal Evaluation of Congenital Cardiovascular Surgical Performance and Skills Retention Using Silicone-Molded Heart Models. **World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery**, v. 15, n. 3, p. 332-339, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11100265/>. Acesso em: 09/11/2024.

SANTOS, Cristina Mamédio da Costa; PIMENTA, Cibele Andrucioli de Mattos; NOBRE, Moacyr Roberto Cuce. A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista latino-americana de enfermagem**, v. 15, p. 508-511, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/CfKNnz8mvSqVjZ37Z77pFsy/?lang=pt#ModalTutors>. Acesso em: 10/11/2024.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein** (São Paulo), v. 8, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10/11/2024.

SÜMENGİN, Akça Aylin et al. The effect of 3D modeling on family quality of life, surgical success, and patient outcomes in congenital heart diseases: objectives and design of a randomized controlled trial. **The Turkish journal of pediatrics**, v. 66, n. 2, 2024. Disponível em: <https://turkjpediatr.org/article/view/4574>. Acesso em: 10/11/2024.

YOO, Shi-Joon; HUSSEIN, Nabil; BARRON, David J. Congenital Heart Surgery Skill Training Using Simulation Models: Not an Option but a Necessity. **Journal of Korean Medical Science**, v. 38, n. 37, p. 1-16, set. 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9530313/pdf/jkms-37-e293.pdf>. Acesso em: 10/11/2024.