



Doi: 10.18378/rbfh.v12i1.9541

Impactos do uso da impressão tridimensional na ortopedia infantil

Impacts of the use of three-dimensional printing in children's orthopedics

Gabrielle Cabral Mouta¹; Enedina Mayara França Alves¹; Antônio Hitalo Mamedio Araújo¹; Thalita Alves da Silva Medeiros¹; Fernanda Valentim Gomes¹ e Milena Nunes Alves de Sousa²

RESUMO - Identificar os impactos do uso da tecnologia de impressão tridimensional na criação de modelos ortopédicos implantados ou que auxiliam na cirurgia ortopédica infantil. **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa em que se utilizou os bancos de dados da *National Library of Medicine* (PubMed/Medline) e *EBSCOhost Research Platform*, com documentos datados de 2016 a 2021, utilizando-se como filtros faixa etária entre 06 a 12 anos de idade. Os *Descritores em Ciências da Saúde* adotados para a seleção dos artigos foram combinados da seguinte forma: <<“*Printing, Three-Dimensional*” AND *medicine* AND *orthopedics* AND *child**>>. **Resultados:** Constatou-se que a aplicação de modelos ortopédicos criados por impressão tridimensional foi capaz de proporcionar diversos benefícios, como a maior especificidade de protótipos utilizados, aumento da eficácia dos procedimentos, diminuição do risco de danos cirúrgicos e maior aceitabilidade pelo organismo do paciente e outros. Quanto aos impactos negativos, destacou-se a dificuldade científico-técnico-financeiro mediante o acesso à impressora tridimensional e a necessidade de uma segunda operação em alguns casos. **Conclusões:** A impressão tridimensional apresentou impactos positivos em cirurgias ortopédicas pediátricas, ao passo que um melhor investimento financeiro e acadêmico será de contribuição para que medicina e tecnologia se unam cada vez mais para obtenção de resultados satisfatórios nos tratamentos de patologias e traumas.

Palavras-chave: Medicina; Traumatologia; Ortopedia; Tecnologia; Pediatria.

ABSTRACT - To identify the impacts of the use of three-dimensional printing technology in the creation of orthopedic models implanted or that assist in children's orthopedic surgery. **Methods:** This is an integrative review using the databases of the National Library of Medicine (PubMed/Medline) and EBSCOhost Research Platform, with documents dated from 2016 to 2021, using age groups between 6 and 2021 as filters. 12 years old. The Health Science Descriptors adopted for the selection of articles were combined as follows: <<“*Printing, Three-Dimensional*” AND *medicine* AND *orthopedics* AND *child**>>. **Results:** It was found that the application of orthopedic models created by Three-dimensional printing was able to provide several benefits, such as greater specificity of the prototypes used, increased effectiveness of procedures, reduced risk of surgical damage and greater acceptability by the patient's body and others. As for the negative impacts, the highlight was the scientific-technical-financial difficulty of accessing a three-dimensional printer. **Conclusions:** Three-dimensional printing has had positive impacts on pediatric orthopedic surgeries, while a better financial and academic investment will contribute to bringing medicine and technology together. more and more to obtain satisfactory results in the treatments of pathologies and trauma.

Recebido em 01/06/2022; aceito em 19/06/2022 e publicado em 30/06/2022

¹ Estudantes de Medicina do Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos.

² Doutora. Docente no Curso de Medicina do Centro Universitário de Patos. E-mail: milenanunes@fiponline.edu.br

Key words: Medicine; Traumatology; Orthopedics; Technology; Pediatrics.

INTRODUÇÃO

A impressão tridimensional surgiu em meados do século XX e, ao longo dos anos, vem se destacando dentre as diversas áreas do saber, sendo influência nos ramos da informática, industrial e ambiental. Evidencia-se, ainda, uma expansão revolucionária na área da saúde, sobretudo na fabricação de estruturas para transplantes, desenvolvimento de medicação e melhorias no aperfeiçoamento dos instrumentos cirúrgicos, sendo muitos destes consolidados cientificamente e outros ainda em busca de evidências mais robustas (CARDOSO *et al.*, 2021).

Por ser uma tecnologia com potencial para trazer inúmeros benefícios, merece destaque, pois tem gerado esperança em novos procedimentos e soluções para diferentes casos. São eficientes em correções anatômicas físicas derivadas de traumas, patologias e condições genéticas, isso acontece devido a proximidade que essas estruturas têm com a realidade. (MATOZINHOS *et al.*, 2017).

Cirurgias ortopédicas tradicionais apresentam grandes impasses quanto ao risco de infecções após o procedimento. Essas infecções podem ser tanto por microorganismos ou por rejeição dos implantes de tecidos vivos, que representam casos graves e têm influência direta no prognóstico do paciente, com complicações sérias e impactos em sua morbimortalidade. A ocorrência desses episódios tem relação direta com o tempo de recuperação, rejeição do elemento implantado e o aumento da quantidade de procedimentos feitos (CHAGAS *et al.*, 2017).

Em relação à abrangência pueril, a produção e implantação de próteses se torna ainda mais árdua e minuciosa, que refletem em um aumento de custos para a família, além de um maior impacto psicológico. A exemplo, tem-se a alta taxa de danos ocasionados pela prótese e o acelerado desenvolvimento do corpo da criança, que rapidamente torna o modelo ortopédico usado obsoleto, quando o procedimento é feito pela forma tradicional (MIRALDO, 2019).

Neste contexto, este estudo vislumbra a inclusão dos protótipos confeccionados pela impressão tridimensional, por ter encontrado no ramo tecnológico a solução para as dificuldades de uma cirurgia ortopédica infantil tradicional, que são as mencionadas anteriormente, as quais se demonstraram relevantes na resolução dos fatores: tamanho, eficácia do procedimento, perda sanguíneas e redução de danos.

Portanto, propõe identificar os impactos da impressão tridimensional na produção de estruturas que afetem os prognósticos ortopédicos implantados nas mais diversas áreas da cirurgia infantil, mobilidade, estético, psíquico e do convívio social.

MÉTODO

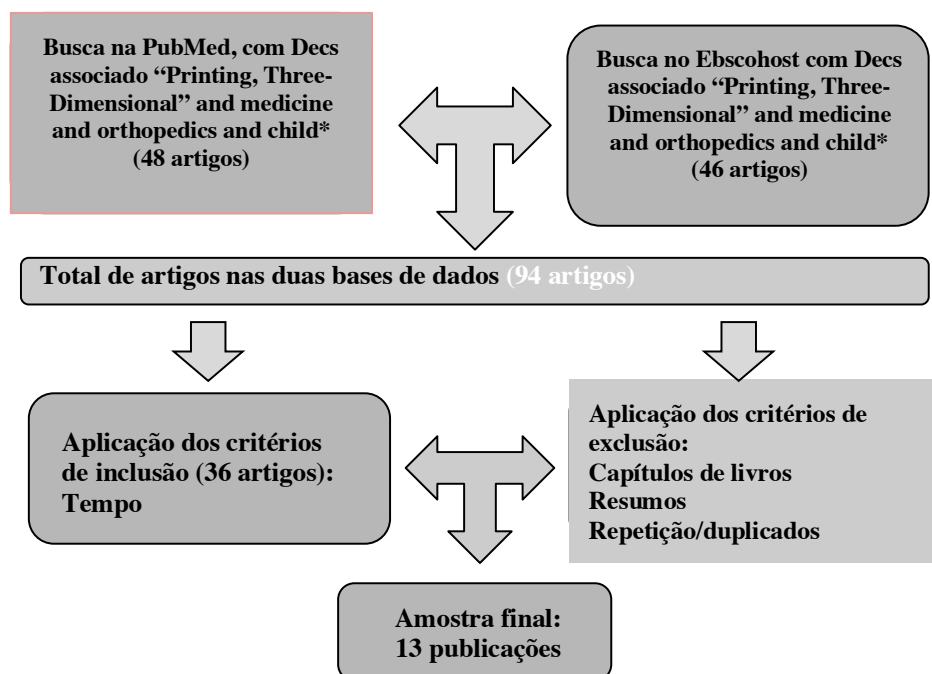
Neste estudo foi adotado o método de revisão integrativa da literatura, que também pode ser chamada de revisão sistemática qualitativa ou síntese de evidência qualitativa. O método visa condensar uma literatura prévia em uma análise de um fenômeno específico ou problema de saúde. Ele apresenta critérios específicos que são ordenados a partir de sete etapas (SOUZA, M.; SILVA, M.; CARVALHO, R., 2010).

Obedecendo à primeira etapa, elaborou-se a seguinte questão norteadora: “Quais os impactos do uso da impressão tridimensional na ortopedia infantil?”. A busca na literatura foi realizada nas seguintes bases de dados: *National Library of Medicine* (PubMed/Medline) e *EBSCOhost Research Platform*. Para a seleção dos artigos foram considerados os seguintes *Descritores em Ciências da Saúde* (decs.bvs.br) combinados com operadores booleanos e não booleanos: <<“*Printing, Three-Dimensional*” AND *medicine* AND *orthopedics* AND *child**>>.

Para os filtros de inclusão foram escolhidos o período de publicação (2016 a 2021) e idade, tornando-se elegíveis pesquisas com crianças de faixa etária entre 6 e 12 anos. Quanto aos critérios de exclusão foram descartados os capítulos de livros, os resumos, repetição/duplicação e os trabalhos que não abordaram o tema.

Assim, obteve-se como resultados 48 artigos na plataforma Pubmed e 46 artigos na plataforma EBSCOHost. Após a realização do cruzamento de dados, foi apontado uma repetição de artigos nas duas plataformas, sendo os artigos encontrados no EBSCOHost descartados e 100% (n=13) dos artigos do PubMed mantidos.

Figura 1: Fluxograma processo de seleção dos artigos sobre o objeto de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As informações extraídas dos estudos foram referentes aos impactos evidenciados nos tipos de intervenções realizadas a partir da tecnologia tridimensional, dentre eles foram encontradas repercussões relevantes quanto aos custos, o tempo de recuperação dos pacientes, a efetividade do procedimento, a região anatômica que recebeu intervenção e a verificação de pontos negativos e positivos do uso da tecnologia no procedimento.

A categorização foi feita a partir dos dois tipos de intervenção encontradas (produção de estrutura implantada e simulação cirúrgica) e a subcategorização foi baseada nos fatores que se mostraram mais relevantes quando comparados a situações semelhantes, mas onde não houve uso de impressão tridimensional.

Para que a revisão integrativa de literatura fosse finalizada foi realizada a análise, síntese e a discussão sobre os impactos da impressão tridimensional encontrados na vida de pacientes de forma que levou ao estabelecimento de uma revisão do conhecimento.

RESULTADOS

Com relação ao país de origem, China foi a que mais publicou (61,5%; n=8). Os anos de publicação mostraram variações, em que a maioria foi publicada no ano de 2017 (38,4%; n=5) e

quanto a metodologia de pesquisa, destacou-se o relato de caso/séries de casos (76,9%; n=10) (Quadro 1).

Quadro 1: Caracterização geral dos artigos selecionados para compor a RIL.

| Autores (ano) | País | Tipo de estudo | Tipo de intervenção | Tempo de recuperação | Sucesso no procedimento |
|---------------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|
| Tu <i>et al.</i> (2021) | China | Séries de Caso | Cirúrgica | Recuperação entre 12-35 meses | Sim |
| Xu <i>et al.</i> (2017) | China | Relato de caso | Cirúrgica | A recuperação durou 3 meses | Sim |
| Chen <i>et al.</i> (2019) | Estados Unidos | Resultados clínicos | Construção de equipamento cirúrgico | Desenvolvimento total de 6 meses | Sim |
| Wei <i>et al.</i> (2019) | China | Relato de Caso | Cirúrgica | Paciente obteve acompanhamento por 2 anos | Sim |
| Wu <i>et al.</i> (2021) | China | Séries de Caso | Cirúrgica | Paciente obteve acompanhamento por 18 meses | Sim |
| Pijpker <i>et al.</i> (2018) | <i>Bélgica</i> | Relato de Caso | Cirúrgica | Paciente recebeu alta após 8 dias da intervenção cirúrgica | Sim |
| Zheng <i>et al.</i> (2017) | China | Séries de Caso | Cirúrgica | Não informado | Sim |
| Zheng <i>et al.</i> (2017) | China | Relato de Caso | Cirúrgica | 2 a 18 meses | Sim |
| Kalenderer <i>et al.</i> (2019) | <i>Turquia</i> | Relato de dois casos | Simulação cirúrgica | 9 meses e 12 meses | Sim |
| Gálvez <i>et al.</i> (2016) | Estados Unidos | Relato de caso | Simulação cirúrgica | Não se aplica | Sim |
| Holt <i>et al.</i> (2017) | Estados Unidos | Relato de caso | Simulação cirúrgica | 10 meses | Sim |
| Xu <i>et al.</i> (2016) | China | Relato de caso | Cirúrgica | 7 dias após a operação | Sim |
| Ma <i>et al.</i> (2017) | China | Resultados clínicos | Cirúrgica | 16 meses | Sim |

Fonte: Dados de pesquisa, 2022.

No quadro 2 tem-se uma visualização geral dos artigos selecionados, em que se destacam os pontos de abordagem sobre o local de intervenção do protótipo tridimensional, trazendo achados principalmente na coluna vertebral (30,7%; n=4). Também foi possível observar os achados negativos e positivos. Quanto aos pontos negativos fez-se necessário uso de instrumentos para auxiliar na implantação do molde produzido. Diante dos apanhados positivos, houve um quantitativo significativo referente ao sucesso cirúrgico, não ocorrendo rejeição do protótipo implementado, sendo consideravelmente favorável diante a redução no tempo de cirurgia que levou a minimizar a ocorrência de sangramento do paciente.

Quadro 2: Categorização dos achados da RIL.

| Autores (ano) | Região de intervenção | Achados negativos | Pontos positivos |
|---------------------------------|---|---|--|
| Tu <i>et al.</i> (2021) | Coluna vertebral | Risco de complicações graves perante a área de intervenção | 100% de rentabilidade mesmo com pacientes apresentando diferentes graus de escoliose |
| Xu <i>et al.</i> (2017) | Punho direito | Alguns dedos, juntas e cabos tiveram que ser substituídos duas vezes devido ao desgaste diário. | A criança apresentou desempenho satisfatório em várias atividades da vida diária, como comer, escrever, vestir-se e andar de bicicleta, ao utilizar a prótese |
| Chen <i>et al.</i> (2019) | Coluna | Algumas anatomias não eram adequadas para a fabricação de gabaritos de broca devido a sua inaplicabilidade. | 100% aceitabilidade; 100% precisão. |
| Wei <i>et al.</i> (2019) | Fêmur | Paciente necessitou passar por nova cirurgia após 1 ano, devido a estrutura tridimensional fornecer apenas simulação óssea e não ser capaz de promover adaptação a tecidos moles | Uso de protótipos tridimensionais revelaram reduzir o tempo de cirurgia e aumentaram seu sucesso. |
| Wu <i>et al.</i> (2021) | Fêmur | Procedimento altamente invasivo, locomoção cautelosa com auxílio de muletas durante a recuperação pós-cirúrgica | Ressecamento dos tumores ósseos malignos e redução de complicações pós-operatórias. |
| Pijpker <i>et al.</i> (2018) | Coluna vertebral, à nível das vértebras T11 e T12 | Foi visto que as peças impressas tridimensionalmente, embora tenham proporcionado um grande suporte, seu uso foi limitado aos primeiros estágios da osteotomia de subtração pedicular (OSP), sendo substituído por hastes temporárias. | O uso da visualização 3D da coluna vertebral, aliado à impressão tridimensional de implantes para a cirurgia facilitou o procedimento, diminuindo margens de erro na cirurgia, tornando-a mais segura. |
| Zheng <i>et al.</i> (2017) | Colo do fêmur e quadril | A forma irregular do colo do fêmur e o ângulo de anteversão resultam em dificuldade durante a cirurgia. | As cirurgias envolveram a implantação dos parafusos e placa fixada na articulação do quadril e houve boa recuperação e não houve casos de lesão envolvendo a epífise do fêmur. |
| Zheng <i>et al.</i> (2017) | Fêmur e quadril | O método se mostra menos eficaz em crianças menores de 8 anos e apresentam maiores taxas de complicações graves, que podem incluir rigidez articular, necrose isquêmica da cabeça femoral e luxação. | Redução no tempo operatório e menor exposição à radiação e danos nas epífises. |
| Kalenderer <i>et al.</i> (2019) | Quadril | Pode causar um efeito negativo no crescimento do fêmur proximal se a epífise proximal do paciente ainda estiver ativa | Diminuição do tempo de cirurgia e menor uso de fluoroscopia, além de melhor resultado cirúrgico |
| Gálvez <i>et al.</i> (2016) | Mãos | Sem impactos negativos | Criação modelos tangíveis de diagnóstico por imagem; planejamento pré-operatório; possibilidade de intervenções de reabilitação e telemedicina |
| Holt <i>et al.</i> (2017) | Quadril (acetábulo) | Houve fratura periprotética na placa de fixação femoral que levou a paciente a uma segunda cirurgia corretora | Aprimoramento dos cuidados ortopédicos, melhorias na capacidade do cirurgião de entender a anatomia complexa e garantir precisão cirúrgica |
| Xu <i>et al.</i> (2016) | Coluna vertebral (região cervical - C2) | Não foram utilizados enxertos ósseos na cirurgia, porém o uso deles eram necessários para complementar a instrumentação dorsal nesta região. Houve necessidade de complementação da técnica através de mais estudos para melhoria do design do implante e de seu respectivo material. | Antes da cirurgia o paciente apresentava uma deterioração da função neurológica e após a cirurgia e o sucesso dela, e começou a ter uma melhora do seu quadro neurológico. |

| | | | |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------|--|
| Ma <i>et al.</i> (2017) | Região Óssea acometida por tumores | Sem impactos negativos | Antes desse método era comum que a ablação por micro-ondas provocasse fraturas pós-operatórias e após o método foi visto que com as placas de titânio personalizadas não houve fraturas, falhas de implantes ou problemas de afrouxamento da peça implantada durante o acompanhamento. |
|-------------------------|------------------------------------|------------------------|--|

Fonte: Dados de pesquisa, 2022.

Quanto aos impactos do uso da impressão tridimensional na ortopedia infantil, destacaram-se a possibilidade de diminuição de danos e a eficácia do procedimento, ambos com (100%; n=13). No que se refere às dificuldades encontradas, houve destaque para a necessidade de realização de um segundo procedimento cirúrgico (23%; n=3) e dificuldade científico-técnico-financeiro mediante o acesso à impressora tridimensional (Quadro 3)

Quadro 3: Categorização quanto aos impactos do uso da impressão tridimensional na ortopedia infantil.

| Impactos positivos | N | % |
|---|----------|----------|
| Diminuição do tempo de procedimento | 8 | 61,5 |
| Diminuição de danos | 13 | 100,0 |
| Menor perda de sangue | 3 | 23,0 |
| Maior eficácia do procedimento | 10 | 77,0 |
| Maior aceitabilidade pelo organismo do paciente | 3 | 23,0 |
| Melhora da funcionalidade da estrutura | 3 | 23,0 |
| Impacto no ensino acadêmico de procedimento por simulação cirúrgica | 3 | 23,0 |
| Impactos negativos | N | % |
| Necessidade de realização de um segundo procedimento cirúrgico | 3 | 23,0 |
| Dificuldade científico-técnico-financeiro mediante o acesso à impressora tridimensional | 1 | 7,7 |
| Infortúnio quanto a falta de instruções práticas detalhadas sobre a instalação e reabilitação | 1 | 7,7 |
| Uso da estrutura por tempo limitado | 2 | 15,4 |

Fonte: Dados de pesquisa, 2022.

DISCUSSÃO

O uso de impressão tridimensional teve relevantes e variados impactos na vida de pacientes portadores das mais diversas patologias. No que refere-se ao impacto de maior eficácia, 77% (TU *et al.*, 2021; CHEN *et al.*, 2019; PIJPKER *et al.*, 2018; ZHENG *et al.*, 2017; ZHENG *et al.*, 2017; KALENDER *et al.*, 2019; GÁLVEZ *et al.*, 2016; HOLT *et al.*, 2017; XU *et al.*, 2016; MA *et al.*, 2017) dos estudos com uso de impressão tridimensional citaram melhora no quesito maior eficácia do procedimento quanto a sua aplicabilidade o que obteve - se destaque quanto às correções cirúrgicas e construções de próteses implantadas, como a correção de escoliose em crianças - que melhorou em seis diferentes aspectos - e a reconstrução de coluna vertebral superior a partir de prótese impressa tridimensionalmente, pela ausência de implantes especializados para sua reconstrução, os quais caracterizam os procedimentos como mais eficientes se comparados aos métodos cirúrgico tradicionais (XU *et al.*, 2016; TU *et al.*, 2021).

Foi observado também maior eficácia no tratamento de amputações traumáticas. Com o uso da tecnologia, o fator recuperação destacou-se (XU *et al.*, 2017). Antes da tecnologia tridimensional, os valores do procedimento eram exorbitantes e tinham funcionalidade comprometida (CARVALHO, 2004). Foi citado, também, relevante aumento de eficácia em procedimentos cirúrgicos relacionados com tumores, especialmente quanto a estabilização de estruturas que foram afetadas após remoção da neoplasia (MA *et al.*, 2017).

Neste estudo de revisão foram avaliados, da mesma forma, diminuição na ocorrência de danos em 100% dos trabalhos investigados com prototipagem tridimensional, o que impacta diretamente em um melhor desempenho no tempo e no processo de recuperação dos pacientes.

De maneira relevante, foram observados o caso referente a pacientes com escoliose secundária, divididos em dois grupos e submetidos a procedimentos de hemivertebrectomia e fixação de segmento curto. Em um grupo, foram usadas as técnicas cirúrgicas tradicionais e, no outro grupo, foi testado o planejamento pré-operatório virtual e aplicação intraoperatória de modelos específicos do paciente impressos em 3D (TU *et al.*, 2021).

O grupo que foi submetido à aplicação de tecnologia de impressão tridimensional no tratamento cirúrgico foi constatada a redução do tempo de permanência hospitalar e a não apresentação de complicações neurológicas ou de lesões da medula espinhal (TU *et al.*, 2021) ainda que se tenha uma alta incidência desses danos no grupo controle. Em concordância, é notória a preocupação com a alta proporção de lesões neurológicas em cirurgias de correção de escoliose por métodos tradicionais (BARROS, 2008).

Sobre o estudo que investigou a viabilidade e a precisão de um modelo de perfuração baseado em desenho assistido por computador (CAD) e tecnologia de impressão 3D para colocação de parafusos, evidenciou-se que se realizado o procedimento de modo convencional, existe o alto risco de ocorrência de danos à epífise femoral ou seu suprimento sanguíneo, acarretando consequências no desenvolvimento da criança ou, em casos mais sérios, podendo causar necrose. Em seguida, viu-se a eficiente redução desses possíveis danos quando utilizado o molde de impressão tridimensional (ZHENG *et al.*, 2017).

No que refere-se ao caso de displasia do desenvolvimento do quadril (DDQ), a malformação do quadril que mais acomete crianças e a qual apresenta um elevado número de complicações, a osteotomia periacetabular combinada com rotação em varo proximal do fêmur e osteotomia de encurtamento é o procedimento comumente utilizado na DDQ, no entanto, essa técnica apresenta desafios cirúrgicos, como o colo femoral ser tipicamente estreito e deformado e haver uma alta taxa de variabilidade anatômica entre os pacientes (ZHENG *et al.*, 2017).

Neste trabalho, foi usado um modelo de navegação 3D como parte do procedimento cirúrgico em um grupo de pacientes com idade média de 10,9 anos para comparação com o grupo controle de mesma faixa etária. No grupo de pacientes guiados por templates, houve diminuições consideráveis no tempo de operação, tempo de exposição aos raios X e nos episódios de danos na epífise femoral quando comparados ao grupo controle (ZHENG *et al.*, 2017).

Por conseguinte, três estudos catalogados nesta revisão (ZHENG *et al.*, 2017; ZHENG *et al.*, 2017; TU *et al.*, 2021) comprovaram diminuição do tempo cirúrgico, em decorrência de uma maior precisão dos procedimentos, muito porque antes eram utilizados técnicas em base 2D, o que limitava a compreensão da deformidade da área analisada, algo que não é visto na técnica 3D, de modo que a técnica tridimensional diminui o tempo total dos procedimentos, uma vez que a matriz produzida traz maior similaridade anatômica por permitir a visualização de peças em 3 planos (coronal, sagital e axial) (ZHENG *et al.*, 2017; MOURINHA, 2020).

Quando comparado com o uso de imagens ou peças tridimensionais com o uso de técnicas bidimensionais, foi visto que as avaliações melhoraram em questão de qualidade e quantidade, permitindo uma aferição e mensuração mais acurada de estruturas esqueléticas, através de reconstruções e superposições 3D em exames de imagem, tornando os procedimentos mais precisos, além de viabilizar um enriquecimento ao conhecimento do clínico ou pesquisador (MOTTA *et al.*, 2010).

No que tange ao impacto no ensino acadêmico, apenas 23% (KALENDERER *et al.*, 2019; PIJPKER *et al.*, 2018; ZHENG *et al.*, 2017) dos trabalhos demonstraram essa utilidade, ainda que seja de demasiada relevância para as instituições de ensino em saúde, uma vez que permite maior segurança no treinamento de habilidades cirúrgicas (KALENDERER *et al.*, 2019). Isso contribui para concentrar informações e orientações pré-cirúrgicas. Além disso, cirurgiões relataram que o estudo das informações anatômicas detalhadas facilita a cirurgia devido à orientação espacial melhorada (PIJPKER *et al.*, 2018).

Outro impacto positivo encontrado foi a diminuição da perda sanguínea. Essa perda estava aliada a diminuição do tempo cirúrgico, demonstrando que o uso de uma tecnologia de impressão 3D em procedimentos invasivos diminui os riscos aos quais esses pacientes estão expostos, aumentando a qualidade da intervenção realizada (TU *et al.*, 2021; WU *et al.*, 2021; ZHENG *et al.*, 2017).

Além disso, teve-se a maior aceitabilidade de estruturas impressas tridimensionalmente, que beneficiaram os pacientes pueris quanto a reconstruções complexas por conta de moldes e protótipos de um modelo preciso de chapas e implantes que auxiliam no planejamento e realização das cirurgias, o que foi possível evidenciar em 23% dos estudos analisados (HOLT *et al.*, 2017).

Quando se trata do uso da tecnologia para auxiliar a cirurgia de deformidade da coluna vertebral com a criação de moldes de broca, percebeu-se alta precisão, aceitabilidade e consistência favorável quando comparado às técnicas tradicionais. No entanto, notou-se um fator de risco moderado no que se trata da imprecisão na colocação dos parafusos acima do nível da oitava vértebra torácica, pois depende da extensão de adequação à superfície óssea. (CHEN *et al.*, 2019).

Paralela a essa situação, um estudo se referiu à resolução cirúrgica de um tumor ósseo no fêmur, o qual foi possível realizar medições tridimensionais do tumor antes da cirurgia, alcançando maior grau de correspondência entre o defeito tumoral removido e o enxerto ósseo reconstruído. Porém, dificuldades na operação foram relatadas quando o tumor se encontra na parte posterior do fêmur, pois a região é bastante vascularizada o que interfere na exposição do campo cirúrgico (WU *et al.*, 2021).

Os modelos anatômicos impressos em 3D expressam maior pertinência, incluindo a combinação de diagnóstico por imagem de alta qualidade com peças anatômicas precisas semelhantes às humanas, que ajudam no exame físico, na avaliação e na cirurgia reconstrutiva. O protótipo, uma vez implantado no paciente, possibilita, inquestionavelmente, uma melhoria na qualidade de vida por não ter sido relatada rejeição do molde implantado (GÁLVEZ *et al.*, 2016).

Todos os estudos apresentaram aceitabilidade no organismo do paciente, destaque ao de Xu *et al.* (2016) em que, apesar da cirurgia de reconstrução da coluna cervical superior ser considerada complexa, o paciente teve uma recuperação sem intercorrências e começou a andar no 7º dia pós-operatório.

Referenciando uma abordagem diante do impacto da funcionalidade da intervenção cirúrgica mediante o uso de protótipos tridimensionais, foi evidenciado melhora da qualidade de vida devido a eficácia na aderência do implante (WEI *et al.*, 2019).

Vislumbra-se no estudo de Guarniero (2011) a doença de Legg-Calvé-Perthes, que vem sendo estudada a mais de 100 anos, acometendo crianças com uma afecção na cabeça do fêmur, em sua porção correlacionada ao quadril, inviabilizando o movimento flexor. Avanços tecnológicos trouxeram evoluções, porém ainda há controvérsias quanto às medidas terapêuticas que incluem a cirurgia tradicional por fazer o uso de placa do tipo angulada para osteotomia, o que ao decorrer da observação do paciente apresentou o mesmo encurtamento do membro (GUARNIERO, 2011).

Em contrapartida ao citado método clássico, o surgimento da impressão tridimensional, inovou a abordagem para o tratamento da doença de Legg-Calvé-Perthes, que tem demonstrado eficácia em suprir os problemas de encurtamento do fêmur, realizando uma cópia fiel do membro, tendo sido preferível por minimizar os riscos e apresentar maior aceitabilidade, consequentemente resgatando a funcionalidade do membro com excelência (WEI *et al.*, 2019).

Notabilizando a vertente do implante de protótipos tridimensionais em crianças, percebeu-se uma discussão enriquecida quanto a aceitabilidade e funcionalidade do molde transplantado, vez o metabolismo ósseo infantil ainda não se encontra maturado, ou seja, está em um constante crescimento, até que atinja seu sazonalamento.

Para Galvez (2016), crianças geralmente não são consideradas para transplante ósseo por várias razões, incluindo a complexidade de encarar um doador apropriado. Exemplificando a situação tem-se a associação de garras e antebraços doador-receptor com a extensão sendo muito

importante. Se as garras do doador forem grandes, o receptor pode não conseguir manejar os dedos de forma eficaz.

Pode-se inferir que as matrizes confeccionadas pela impressão tridimensional trouxeram uma nova realidade para as cirurgias ortopédicas infantis, possibilitando a criação de um protótipo compatível com a realidade óssea do paciente, além de espelhar maior naturalidade do funcionamento do membro transplantado, como foi citado pelos 23% das pesquisas catalogadas nesta revisão (GUARNIERO, 2011; WEI *et al.*, 2019; TU *et al.*, 2021).

Entretanto, dificuldades na acessibilidade à tecnologia e na presença de instruções práticas detalhadas sobre a instalação e reabilitação nas crianças em crescimento, além da sua infrequente aparição na literatura acadêmica (XU *et al.*, 2016). Houve, contudo, destaque para a necessidade de realização de um segundo procedimento cirúrgico, pelo desgaste diário da peça, dificuldade de adaptação a tecidos moles e fratura no membro da estrutura implantada (XU *et al.*, 2017; WEI *et al.*, 2019; HOLT *et al.*, 2017). Além de dificuldades particulares como o uso da estrutura por tempo limitado, que se mostrou relevante em situações pediátricas (PIJPKER *et al.*, 2018).

Importante mencionar que o estudo realizado apresentou limitações relevantes quanto à insuficiência de trabalhos, tendo em vista a imaturidade do uso da tecnologia tridimensional na medicina, sobretudo em vigência da especificidade desta na ortopedia infantil. Além da apresentação de trabalhos em variadas linguagens, sobretudo mandarim. Apesar do filtro estabelecer uma faixa etária de pesquisa, houve dificuldade para obter dados acerca de todas as idades mencionadas, de modo que a variância se tornou elevada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados observados, constatou-se os impactos, majoritariamente positivos, do uso da tecnologia tridimensional na ortopedia infantil. Destaque para a redução do tempo das cirurgias, menor ocorrência de danos cirúrgicos, aumento substancial da eficácia dos procedimentos e da aceitabilidade das estruturas, bem como uma melhor adaptação dos pacientes às peças impressas em relação às peças tradicionalmente utilizadas.

Recomenda-se maior disseminação dessa tecnologia no meio médico, por ser uma solução para patologias e traumas infantis de difícil tratamento. Portanto, espera-se que haja maior investimento financeiro e acadêmico nesta área, uma vez que há perspectiva de crescimento na aplicabilidade da tecnologia em contextos diversos, especialmente na medicina.

REFERÊNCIAS

ALBONEI, M.; VIEIRA, A.; IRACI, E. Anthropometric Measures to Monitor the Nutritional Status of Children with Cancer, which Should be Used in the Practical Clinic? **Revista Brasileira de Cancerologia**, Curitiba, v. 61, n. 3, p. 269-276, 2015. Disponível em:

<https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/519/314>. Acesso em: 10 fev 2022.

BARROS, E. *et al.* Comparação entre o teste de despertar e a monitoração neurofisiológica intra-operatória com potencial evocado somato-sensitivo nas cirurgias de escoliose.

COLUNA/COLUMNNA, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 7-12, 2009. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/c088/a62ec59c0f0cb1eb456e7f60125ee51cf069.pdf>. Acesso em: 12 maio 2022.

CARDOSO, G. *et al.* Impressão 3D: Um futuro promissor para a Medicina. **Revista Thêma et Scientia**, Cascavel, v. 11, n. 1, p. 204-210, jan/jun 2021. Disponível em:

<http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/1339/1278#>. Acesso em: 08 abr 2022.

CARVALHO, G. Proposta de um método de projeto de próteses de membros superiores com a utilização da engenharia e análise do valor. **Escola Politécnica do Estado de São Paulo**, São Paulo, p. 1-166, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3132/tde-12012006-103703/publico/TextoDissertCompleto.pdf>. Acesso em: 12 maio 2022.

CHEN, P. *et al.* The Accuracy of 3D Printing Assistance in the Spinal Deformity Surgery. **BioMed Research International**, Taichung, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/journals/bmri/2019/7196528.pdf>. Acesso em: 10 fev 2022.

CORADINE, A. *et al.* Medidas Antropométricas para o Acompanhamento do Estado Nutricional de Crianças e Adolescentes com Câncer, o que utilizar na Prática Clínica? **Revista Brasileira de Cancerologia**, Curitiba, v. 61, n. 3, p. 269-276, 2015. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/519/314>. Acesso em: 12 maio 2022.

FLORES, N. Introdução ao estudo da clínica cirúrgica infantil e ortopédica. **Revista dos Cursos da Faculdade de Medicina de Porto Alegre**, Porto Alegre, v. 19, n. 19, p. 190-211, 1933. Disponível em: <https://www.muham.org.br/biografiasmedicas/biografia?id=1033>. Acesso em: 12 maio 2022.

GÁLVEZ, J. *et al.* Assessment and Planning for a Pediatric Bilateral Hand Transplant Using 3-Dimensional Modeling: Case Report. **The Journal of Hand Surgery**, Philadelphia, v. 41, n. 3, p. 341-343, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0363502315015865>. Acesso em: 10 fev 2022.

GUARNIERO, R. Doença de Legg-Calvé-Perthes: 100 anos. **Revista Brasileira de Ortopedia**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 1-2. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbort/a/8JWGPfWVj8Xts8ByT4V36Tg/?lang=pt>. Acesso em: 05 maio 2022.

HOLT, A. *et al.* Rapid Prototyping 3D Model in Treatment of Pediatric Hip Dysplasia: A Case Report. **The Iowa Orthopedic Journal**, Memphis, v. 37, p. 157-162, 2017. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5508280/pdf/IOJ_2017_157.pdf. Acesso em: 10 fev 2022.

KALENDERER, O. *et al.* Preoperative planning of femoral head reduction osteotomy using 3D printing model: A report of two cases. **Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica**, Izmir, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6599387/pdf/main.pdf>. Acesso em: 10 fev 2022.

MA, L. *et al.* 3D printed personalized titanium plates improve clinical outcome in microwave ablation of bone tumors around the knee. **Scientific Reports**, Guangzhou, v. 7, n. 76, p. 1-10, 2017. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5548746/pdf/41598_2017_Article_7243.pdf. Acesso em: 05 maio 2022.

MATOZINHOS, I. *et al.* Impressão 3D: inovações no campo da Medicina. **Revista Interdisciplinar Ciências Médicas**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017. Disponível em: <http://revista.fcmmg.br/ojs/index.php/ricm/article/view/14/11>. Acesso em: 08 abr 2022.

MIRALDO, L. Impressão 3D em Ortopedia - aplicações no presente e futuro. **Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra**, Coimbra, p. 1-71, 2019. Disponível em: <https://eg.uc.pt/handle/10316/89834>. Acesso em: 05 maio 2022.

MOTTA, A. et al. Superposição automatizada de modelos tomográficos tridimensionais em cirurgia ortognática. **Dental Press Journal of Orthodontics**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 39-41, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/dpjo/a/BQdbrwVnntY8yNfnZWNq8wM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 maio 2022.

MOURINHA, I. Exames imagiológicos em cirurgia oral 2D versus 3D. **INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**, Almada, p. 1-78, 2020. Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/33860/1/Mourinha_In%c3%aas_Coelho.pdf. Acesso em: 12 maio 2022.

PIJPKER, P; KUIJLEN, J; KRAEIMA, J. Three-Dimensional Planning and Use of Individualized Osteotomy-Guiding Templates for Surgical Correction of Kyphoscoliosis: A Technical Case Report. **WORLD NEUROSURGERY**, Groningen, v. 119, p. 113-117, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878875018316991?via%3Dihub>. Acesso em: 10 fev 2022.

QUEIROZ, M. et al. Análise das infecções de sítio cirúrgico em pacientes pediátricos após cirurgia ortopédica: um estudo caso-controle. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 17-24, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rpp/a/YbFWSM9B7B9C_s3c3kNXHPHJ/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 05 maio 2022.

SOUZA, M.; SILVA, M.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 maio 2022.

TU, Q. et al. Three-Dimensional Printing Technology for Surgical Correction of Congenital Scoliosis Caused by Hemivertebrae. **World Neurosurgery**, Guangdong, v. 149, p. 969-981, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875021000942>. Acesso em: 10 fev 2022.

WEI, Y. et al. Anatomic three-dimensional model-assisted surgical planning for treatment of pediatric hip dislocation due to osteomyelitis. **Journal of International Medical Research**, Kaohsiung, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2019. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7610018/pdf/10.1177_0300060519854288.pdf. Acesso em: 10 fev 2022.

WU, H. et al. 3D printing guide plate for accurate hemicortical bone tumor resection in metaphysis of distal femoral: a technical note. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, Changsha, v. 16, n. 343, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://joser-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13018-021-02374-w.pdf>. Acesso em: 10 fev 2022.

XU, G. et al. Three-dimensional-printed upper limb prosthesis for a child with traumatic amputation of right wrist: A case report. **Clinical Case Report**, Homburg, v. 96, n. 52, p. 1-5, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6392638/pdf/medi-96-e9426.pdf>. Acesso em: 10 fev 2022.

XU, N. *et al.* Reconstruction of the Upper Cervical Spine Using a Personalized 3D-Printed Vertebral Body in an Adolescent With Ewing Sarcoma. **SPINE**, Beijing, v. 41, n. 1, p. 50-54, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26335676/>. Acesso em: 12 maio 2022.

ZHENG, P. *et al.* Application of computer-aided design and 3D-printed navigation template in Locking Compression Pediatric Hip Plate™ placement for pediatric hip disease. **Department of Pediatric Orthopaedics**, Jiangsu, p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11548-017-1535-3>. Acesso em: 10 fev 2022.

ZHENG, P. *et al.* 3D-printed navigation template in proximal femoral osteotomy for older children with developmental dysplasia of the hip. **Scientific Reports**, Jiangsu, v. 7, p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5359566/pdf/srep44993.pdf>. Acesso em: 10 fev 2022.