



Atualizações sobre os avanços na cirurgia robótica pediátrica

Lara Cristina Alves Oliveira da Cruz ¹, Alethea Paulline Alves², Carolina Alves Moita³, Carolina Gallinea⁴, Emmanuela Regina Silveira⁵, Hyara Maria Alves Ferreira Lopes⁶, Inaclesia Maria da Silva Paixão⁷, João Guilherme de Souza Rino⁸, Karla Emanuely Ribeiro de Lima⁹, Larissa Melo Faiad Graciliano¹⁰, Marina Martins da Ponte¹¹, Maria Victoria Vilela Perroni Castrechini¹², Manuela Loidi Garbugio², Matheus Sousa Barbosa Gonçalves Silva¹³, Natália Sampaio Sobrinho¹¹, Priscila Vitória Pereira dos Santos¹⁴, Sara Regina Corrêa Cunha², Samuel Correa Cunha², Tadeu Romagnoli Neto², Viviane Pecinato¹⁵

REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

Introdução: A cirurgia robótica (CR) é um dos procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos mais promissores, e sua introdução na pediatria em 2001 trouxe uma nova perspectiva ao contexto cirúrgico. A tecnologia robótica cirúrgica avança rapidamente, com dois sistemas principais atualmente em uso, o Da Vinci e o Senhance, embora novas tecnologias estejam sendo desenvolvidas para superar as limitações desses sistemas. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão de literatura integrativa, baseada em uma busca realizada nas bases de dados PubMed, SciELO e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Foram coletados 28 artigos após a aplicação dos critérios de inclusão, dos quais foram extraídas as principais ideias que respondem à pergunta norteadora da pesquisa: “Quais são as principais mudanças e perspectivas no campo da robótica pediátrica na atualidade?”. **Resultados e Discussão:** A cirurgia robótica tem ganhado força na pediatria devido a seus benefícios, como menor risco de complicações, tempo reduzido de internação e menor uso de narcóticos pós-cirúrgicos. Existem projetos inovadores na área que prometem revolucionar a cirurgia em geral, embora suas aplicações na pediatria ainda sejam especulativas. Todavia, existem limitações importantes que impedem a implementação dessa modalidade em larga escala, entre elas o alto custo de instalação e manutenção, além do tempo e dos recursos necessários para o treinamento dos cirurgiões. Apesar disso, a CR continua conquistando novos adeptos, especialmente na urologia, onde é mais utilizada tanto em adultos quanto em pediatria. O crescimento em outros campos da medicina também é promissor, como na cirurgia fetal, cirurgia geral, cirurgias transorais, neurocirurgia e oncologia. **Conclusão:** Os benefícios da CR em comparação com outros procedimentos minimamente invasivos são notórios, sobretudo na urologia, e as limitações tendem a diminuir com o avanço da tecnologia e a disseminação da modalidade.

Palavras-chave: Cirurgia robótica; Pediatria; Telepediatria.

Updates on advances in pediatric robotic surgery

ABSTRACT

Introduction: Robotic surgery (RS) is one of the most promising minimally invasive surgical procedures, and its introduction in pediatrics in 2001 brought a new perspective to the surgical context. Surgical robotic technology is advancing rapidly, with two main systems currently in use, the Da Vinci and Senhance, although new technologies are being developed to overcome the limitations of these systems. **Methodology:** This is an integrative literature review, based on a search performed in the PubMed, SciELO and Virtual Health Library (VHL) databases. Twenty-eight articles were collected after applying the inclusion criteria, from which the main ideas that answer the guiding research question were extracted: “What are the main changes and perspectives in the field of pediatric robotics today?”. **Results and Discussion:** Robotic surgery has gained traction in pediatrics due to its benefits, such as lower risk of complications, reduced hospital stay and reduced use of post-surgical narcotics. There are innovative projects in the area that promise to revolutionize surgery in general, although their applications in pediatrics are still speculative. However, there are important limitations that prevent the implementation of this modality on a large scale, including the high cost of installation and maintenance, in addition to the time and resources required to train surgeons. Despite this, RC continues to gain new followers, especially in urology, where it is most widely used in both adults and pediatrics. Growth in other fields of medicine is also promising, such as fetal surgery, general surgery, transoral surgeries, neurosurgery, and oncology. **Conclusion:** The benefits of RC compared to other minimally invasive procedures are notable, especially in urology, and the limitations tend to decrease with the advancement of technology and the dissemination of the modality.

Keywords: Robotical Surgery Procedures; Pediatric; Telepediatrics.

Instituição afiliada - ¹ Faculdade Pitágoras de Medicina de Eunápolis, ² UniCesumar, ³ Unimes, ⁴ Universidade Positivo, ⁵ Universidade da Região de Joinville – Univill, ⁶ Centro Universitário Inta, ⁷ AFYA- Faculdade de Ciências Médicas de Jaboatão, ⁸ Universidade Municipal de São Caetano do Sul, ⁹ Universidade Federal do Ceará (UFC), ¹⁰ Universidade Federal do Rio Grande, ¹¹ Faculdade Nove de Julho, ¹² UNILAGO, ¹³ Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública (EBMSP), ¹⁴ Faculdade de medicina santo Amaro (Unisa), ¹⁵ Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí - UNIDAVI

Dados da publicação: Artigo recebido em 25 de Junho e publicado em 15 de Agosto de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n8p-2205-2222>

Autor correspondente: Lara Cristina Alves Oliveira da Cruz laracristinaaoc@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

Os procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos ocupam um papel importante nas últimas décadas, devido às suas evidências robustas de benefícios sobre cirurgias abertas, tanto no processo intraoperatório quanto no pós-cirúrgico. Desde o advento da primeira colecistectomia laparoscópica, em 1987, por Philippe Mouret, a cirurgia laparoscópica tem crescido entre cirurgiões gerais, muitas vezes sobressaindo-se às cirurgias abertas homólogas. No entanto, no que diz respeito à pediatria, tal aperfeiçoamento laparoscópico ocorreu mais lentamente, ocasionado por limitações como o pequeno espaço cirúrgico e ângulos restritivos dos instrumentos (Meinzer et al., 2020; Fuchs & DaJusta, 2020).

Nesse sentido, o início do século XXI foi marcado por uma evolução nos procedimentos minimamente invasivos pediátricos com a introdução da cirurgia assistida por robô em 2001, quase 10 anos após o primeiro aparecimento na população adulta, em uma funduplicatura de Nissen robô-assistida. Assim, pode-se dizer que a plataforma robótica foi inventada para superar as limitações da cirurgia laparoscópica, com uma maior amplitude e delicadeza de movimentos, eliminação dos tremores e maior visibilidade dimensional. No ano 2000, o sistema cirúrgico Da Vinci foi aprovado pela Food and Drug Administration (FDA), e apenas em 2009 procedimentos transorais robóticos foram legitimados pela instituição. Em 2020, foi introduzido um novo tipo de plataforma, o sistema cirúrgico Senhance, que incluiu melhorias em relação às limitações observadas no sistema Da Vinci (Saxena et al., 2023; Meinzer et al., 2020; Vianini et al., 2021; Krebs et al., 2022).

A cirurgia robótica (CR) é um advento que busca combinar a expertise humana com a habilidade mecânica de braços robóticos. Dessa forma, o cirurgião controla remotamente os braços robóticos através de um console, conferindo movimentos finos e delicados que conseguem filtrar o tremor das mãos que o manuseiam, enquanto fornecem uma visão pseudo-tridimensional do local cirúrgico. Vale ressaltar, ainda, que são muitos os benefícios da cirurgia robótica em detrimento à cirurgia laparoscópica,



pois, apesar desta última ser uma importante alternativa minimamente invasiva, a primeira a supera em termos de visão tridimensional e na facilidade do manuseio dos instrumentos cirúrgicos. Ademais, dentre os benefícios, também se destaca a menor perda sanguínea, tempo de internação, recuperação mais rápida e cicatriz mínima; por isso, há uma tendência de crescimento entre a cirurgia minimamente invasiva (Saxena et al., 2023; Martinello & Loshak, 2020).

Todavia, embora demonstre inúmeras vantagens, existem algumas limitações importantes inerentes à pediatria, tais como o alto custo para obtenção da instrumentação, dificuldade do seu uso em recém-nascidos de pequeno porte em cirurgias reconstrutivas delicadas, tendo em vista a espessura dos trocânteres, além do tempo requerido para o aperfeiçoamento da técnica pelos cirurgiões. Nesse sentido, apesar de ser um futuro promissor para o campo da cirurgia na pediatria, a fusão da precisão robótica com a experiência humana é essencial para seu êxito (Autorino, Mendonza-Sagaon & Scuderi, 2024; Iacob et al., 2024).

Não obstante, em adultos e crianças, a expansão da CR em áreas como ginecologia e urologia é exponencial. Porém, outras áreas como otorrinolaringologia, proctologia, cardiologia, pediatria, cirurgia plástica e reconstrutiva também apresentam potencial para o desenvolvimento da técnica. Sob esse viés, o campo da urologia possui protagonismo no que diz respeito ao desenvolvimento de procedimentos robóticos na pediatria, em destaque a nefrectomia, pieloplastia, reimplante ureteral e bexiga (Gargollo & Branco, 2019; Martinello & Loshak, 2020).

Portanto, tendo em vista tais benefícios, o presente estudo tem por objetivo explorar as inovações na cirurgia robótica no campo da pediatria, a fim de elucidar os últimos destaques e as evidências de seus benefícios, assim como suas limitações.

METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão de literatura que utilizou os descritores



"Robotical Surgery Procedures" e "Pediatric" com o operador booleano AND nas bases de dados PubMed, Biblioteca Virtual de Saúde (BVS) e SciELO. Assim, foram encontrados um total de 84 artigos durante essa busca inicial.

Por conseguinte, foram aplicados os critérios de inclusão para a seleção dos artigos que iriam participar da revisão, o que resultou na inclusão de 28 artigos. No que diz respeito aos critérios, estes envolviam estudos de revisões sistemáticas e meta-análises com metodologia bem delineada, na língua inglesa e portuguesa, publicados entre 2019 e 2024 e disponibilizados gratuitamente nas bases de dados em questão. Além disso, foram excluídos outros tipos de estudos, como cartas editoriais, relatos de casos, estudos que não apresentassem resultados finais e publicados fora do período supracitado.

Logo, foram tabulados os resultados em uma planilha no Excel, lidos e analisados pelos autores, que, por sua vez, destacaram os principais pontos que respondiam à pergunta norteadora: "Quais são as principais mudanças e perspectivas no campo da robótica pediátrica na atualidade?"

RESULTADOS

1. Benefícios da cirurgia robótica pediátrica

Na pediatria, o aprimoramento dos procedimentos minimamente invasivos é imprescindível para o sucesso cirúrgico, pois o público infantil se beneficia de menor tempo de internação, menor perda sanguínea, menor trauma e menor tempo de cicatrização. Além disso, pesquisas demonstram que adolescentes que usufruem de cirurgia robótica também experimentam menor ansiedade e tensão no pós-operatório, tanto relacionado com a menor incisão quanto pela visualização espacial e precisão dos procedimentos, que conferem confiança e alívio quanto às possíveis complicações. Vale ainda ressaltar que a tendência para o futuro dessa área avança para o menor número de incisões possíveis através de uma plataforma de porta única e, possivelmente, até

alcançar o desenvolvimento tecnológico que dispense qualquer incisão (Gargollo; Branco, 2019; Iacob et al., 2024; Esposito et al., 2023).

A cirurgia robótica possui hoje dois sistemas robóticos bem estabelecidos: o Da Vinci (Intuitive Surgical, desde 2001) e o Senhance (TransEnterix, desde 2020). O primeiro consiste em uma base para controle do cirurgião e um carrinho lateral ao paciente com quatro braços robóticos. Esses braços articulados possuem instrumentos com diâmetro de 8 mm - alguns com 5 mm - que simulam o movimento de um punho humano, variando sua movimentação em até sete graus de liberdade. Essa característica confere precisão e maior destreza, importante para o manuseio em pequenos espaços cirúrgicos das crianças. Entretanto, a principal limitação do sistema Da Vinci (DVSS) é a dificuldade de seu manuseio em crianças muito pequenas, como lactentes e recém-nascidos. Devido ao fato de ser recomendada uma distância de 6 a 10 cm para a colocação das portas, seu uso é limitado em crianças mais velhas. Atualmente, a indicação do DVSS se estende a quase todas as cirurgias laparoscópicas pediátricas, tais como: cisto do ducto biliar comum, doença de Hirschsprung, lobectomia da região torácica, pieloplastia e tumores no mediastino (Meinzer et al., 2020; Yang; Wang; Ni, 2022).

Ademais, o sistema Senhance consiste no console de controle pelo cirurgião e três a quatro carrinhos laterais, cada um com um braço robótico com instrumentações semelhantes às laparoscópicas, com 5 mm de diâmetro. Esse sistema, diferentemente do Da Vinci, não possui os braços robóticos articulados, exceto por um driver de agulha de 8 mm, e sua vantagem está na força háptica de feedback. Apesar de ser indicado para crianças acima de 10 kg, sua gama de instrumentos de até 3 mm de diâmetro parece promissora no que diz respeito à cirurgia em crianças menores (Meinzer et al., 2020).

2. Perspectivas futuras

As constantes atualizações no campo da cirurgia robótica promovem um



aceleramento na resolução das atuais limitações e também uma vasta literatura sobre as experiências, comparações e avanços do mesmo. Sob essa ótica, robôs automatizados para a realização de anastomoses guiadas, denominados KidsArm, são uma das apostas promissoras do sistema robótico pediátrico. Além disso, também é estudada a inserção robótica em cirurgias abertas, como é o caso do MUSA, destinado à anastomose de nervos, vasos sanguíneos e linfáticos de 0,3 a 0,8 mm (Meinzer et al., 2020; Fernandez; Harhat, 2019).

Nesse contexto, como foi anteriormente citado, existem dois sistemas robóticos bem estabelecidos na pediatria, no entanto, há sistemas emergentes que prometem uma maior manobrabilidade intracorpórea almejada pelos cirurgiões pediátricos, previstos para lançamento nos próximos anos. O Dexter é um modelo criado com braços robóticos semelhantes ao modelo Da Vinci, porém, por não possuir câmera e console óptico, se torna mais barato. Uma de suas principais vantagens, além do custo, é o tamanho ideal para o encaixe na cirurgia laparoscópica, podendo ser rapidamente trocado durante o procedimento (Meinzer et al., 2020).

Além disso, o Versius é um sistema robótico em processo de desenvolvimento pela CMR Surgical (Cambridge, Reino Unido) que visa oferecer mais flexibilidade e diversidade no seu posicionamento na sala cirúrgica. Ele possui 5 braços robóticos com instrumentos de 5 mm de diâmetro capazes de transmitir um feedback háptico. Vale ressaltar que o mesmo abrange as áreas de cirurgia geral, ginecológica, urológica e procedimentos transabdominais de modo geral. Todavia, encontra-se em processo de aprovação pela FDA nos Estados Unidos e é bastante útil em procedimentos realizados em pequenos modelos, fato relevante na pediatria. Dentre outros inventos, estão em fases de testes o Verb Surgical (Santa Clara, EUA) e o Avatera (Leipzig, Alemanha), que, apesar de tentarem solucionar as limitações dos atuais sistemas, ainda não têm aplicação comprovada no contexto pediátrico (Sheth; Koh, 2019; Meinzer et al., 2020).

Outro projeto revolucionário é a ideia de minirobôs que podem ser implantados na cavidade abdominal e torácica por meio de pequenas incisões e controlados



remotamente. Embora o conceito pareça ficção científica, já foi testado em pequenos animais, com iluminação, câmera e graspers em diferentes modelos. Sob esse viés, a vantagem desse sistema está no trauma mínimo das incisões, além de o cirurgião não precisar se limitar à incisão de entrada. A empresa estadunidense Verb Surgical, Inc., trabalha para a criação de um robô autônomo que promete democratizar a cirurgia, permitindo ao cirurgião maior conhecimento que vai além dos conceitos básicos de uma cirurgia robótica. Diz-se que o mesmo revolucionará a cirurgia em sua era 4.0, sendo a cirurgia aberta (1.0), a laparoscópica (2.0) e a robótica inicial (3.0). Inicialmente, o projeto visa diminuir os custos e favorecer o acesso do cirurgião à tecnologia robótica e aprendizado de máquina orientada por dados (Meinzer et al., 2020; Sheth; Koh, 2019).

A realidade aumentada (RA) presente na cirurgia robótica confere uma amostra panorâmica do local da cirurgia, melhorada para o cirurgião, combinada com as informações do ambiente. Por outro lado, a realidade virtual (RV) visa uma modelagem 3D espacial, incluindo a imersão acústica, durante o procedimento de cirurgia robótica. A realidade mista, que inclui RA e RV, propõe mesclar elementos digitais simulados, como plexo nervoso, delineamento e vascularização de tumores com estruturas anatômicas, sincronizados com os movimentos de respiração. Esse advento promete beneficiar a cirurgia pediátrica minimamente invasiva em um futuro próximo, sobretudo na excisão de tumores (Lopez et al., 2024).

No que diz respeito à medicina fetal, com o avanço nos métodos diagnósticos de malformações congênitas intergestacionais, essa área da pediatria tem sido alvo de muitos estudos desde 1980. As cirurgias fetais são bastante delicadas por apresentarem um risco iminente ao feto e à mãe, além de ameaçarem o parto prematuro indesejado. Nesse contexto, foi criado o útero artificial, que permite o controle do ambiente e facilita a operação, reduzindo os riscos de trauma maciço e parto prematuro e a criança cresce no útero artificial até o termo. Apesar de ainda ser uma ideia inicial e não ter sido testado em humanos, sua aplicação em animais foi bem-sucedida, oferecendo uma nova perspectiva para a cirurgia fetal (Meinzer et al., 2020).

3. Vantagens e Limitações

É importante ressaltar as limitações encontradas na inserção da cirurgia robótica no contexto hospitalar, entre elas o alto custo, tanto para a implantação quanto para a manutenção dos aparelhos, o que é particularmente relevante em países menos desenvolvidos. Além disso, o tempo gasto no procedimento cirúrgico, assim como na configuração e na solução de possíveis contratempos, são obstáculos destacados. No entanto, entende-se que esses fatores diminuem à medida que o cirurgião adquire mais experiência. Ademais, a falta de feedback tátil exige do operador um julgamento visual prévio e confiança nos conhecimentos anatômicos. Cabe ainda destacar que a anestesia utilizada na cirurgia endoscópica apresenta risco de hipercapnia devido à absorção excessiva de CO₂, especialmente em crianças e neonatos, por conta da maior absorção peritoneal e da baixa tolerância cardiopulmonar, sendo necessário um monitoramento mais rigoroso das vias respiratórias (Meinzer et al., 2020; Shen, Ting e Jinfa, 2022).

Não obstante, uma das principais implicações negativas mencionadas na literatura é a ausência de instrumentos com dimensões menores que permitam a movimentação livre em pequenas cavidades, como em neonatos, visto que os instrumentos cirúrgicos atuais têm entre 5 e 8 mm de diâmetro. Em procedimentos que requerem maior delicadeza, como em crianças menores, instrumentos com 3 mm de diâmetro representam uma limitação significativa na cirurgia robótica (CR). Apesar disso, a CR é alvo de constantes inovações em busca do aperfeiçoamento da técnica, sendo esperado que esses obstáculos no design dos instrumentos sejam superados no futuro, facilitando a adaptação dos cirurgiões pediátricos e a criação de plataformas otimizadas e mais acessíveis. Além disso, acredita-se que o direcionamento desses médicos e o aprofundamento na técnica possam acelerar essas tecnologias, assim como a implantação de modelos de financiamento alternativos para mitigar a alta carga financeira sobre as instalações de saúde (Iacob et al., 2024).

Ademais, a rapidez com que a tecnologia robótica progride, combinada com as indicações reduzidas na pediatria, dificulta a criação de um protocolo definitivo para a

curva de aprendizagem na introdução da técnica da CR. Nesse sentido, são três os passos necessários para a aprendizagem: (1) treinamento em simuladores, (2) treinamento em laboratórios com animais e (3) a experiência na sala cirúrgica. Este último é imprescindível para o sucesso do treinamento, com evidências sugerindo que são necessárias 37 operações robóticas para alcançar a confiança plena na realização dos procedimentos. Assim, a falta de padronização do protocolo de treinamento dificulta a definição de um passo a passo importante para alcançar tal sucesso (Autorino, Mendonza-Sagaon, Scuderi, 2024; Pakkasjärvi et al., 2024).

4. Urologia

Assim como na cirurgia robótica adulta, a urologia é a área pioneira e de destaque nas cirurgias robóticas pediátricas. Nesse contexto, a pieloplastia robótica assistida (PRA), para obstrução da junção pieloureteral (OJPU), é o procedimento urológico robótico mais realizado na CR pediátrica. Isso se deve à dificuldade encontrada pelos cirurgiões em realizar a anastomose com os instrumentos laparoscópicos não articulados em uma cavidade tão pequena. A primeira pieloplastia laparoscópica ocorreu em 1995 e apresentou uma curva de aprendizagem íngreme, pelos motivos mencionados. Em 2002, a realização da PRA evidenciou os benefícios da técnica robótica nesse procedimento, com uma taxa de sucesso de 90%. A utilização da PRA para o tratamento de tumores malignos está sendo investigada, mas apresenta resultados promissores, principalmente em seus estágios iniciais (Meinzer et al., 2020; Hou, Xing, Gundeti, 2023; Masieri et al., 2020).

Apesar da tendência da PRA se tornar uma abordagem universal para a OJPU, estudos relatam um tempo operatório maior em comparação ao procedimento aberto, embora isso esteja associado à curva de aprendizagem dos cirurgiões. Em casos onde a pieloplastia primária falhou, a ureterocalicostomia robô-assistida mostrou-se factível e segura para preservar o rim, com taxa de sucesso de 100%. Ademais, um estudo que comparou a pieloplastia aberta, laparoscópica e robótica demonstrou que o tempo operatório continua sendo menor no procedimento aberto, embora o tempo de

internação seja menor na modalidade robótica (Meinzer et al., 2020; Hou, Xing, Gundeti, 2023; Saxena et al., 2023; González et al., 2022; Miao et al., 2023).

Outro procedimento urológico bem documentado é o reimplante ureteral no tratamento do refluxo vesicoureteral, com resolução em 99,3% dos casos. Ambos os procedimentos apresentam uma menor taxa de complicações, redução do tempo de internação e menor dor pós-operatória. Além desses, também são ressaltados os benefícios dos procedimentos robóticos na nefrectomia, ureteroureterostomia, apendicovesicostomia e nefroureterectomia. Ademais, o cisto de colédoco (CC) é uma anomalia congênita rara com grande potencial de malignidade, o que exige intervenção na primeira fase da vida. Nessa patologia, a excisão robótica do CC mostrou-se benéfica em relação a outras técnicas, embora seu sucesso também esteja relacionado com a habilidade do cirurgião, sendo as primeiras cirurgias mais sujeitas a complicações, como estenose anastomótica, vazamento biliar e obstrução intestinal (Meinzer et al., 2020; Hou, Xing, Gundeti, 2023; Jones et al., 2021).

5. Cirurgia Geral

Além disso, a cirurgia geral é a segunda área mais abrangida pela cirurgia robótica (CR), especialmente em procedimentos que exigem suturas intracorpóreas complexas, como funduplicatura, hepatectomia, colectomia, prostatectomia com anastomose íleo-anal, ressecção de massas mediastinais e herniorrafia diafragmática congênita. No caso da funduplicatura, o procedimento mais realizado nesta área, foi observada uma maior taxa de conversão para cirurgia aberta na modalidade laparoscópica do que na robótica. Esse fato foi atribuído à maior destreza na manipulação no espaço subfrênico, sendo, portanto, mais indicada em casos mais complexos, como em pacientes obesos, com indicação de funduplicatura reto ou grandes defeitos hiatais. A apendicectomia, por sua vez, é sabidamente preferível nas modalidades menos invasivas. Um estudo demonstrou a diferença entre os procedimentos robótico e laparoscópico, observando que o tempo de internação é substancialmente menor na abordagem robótica, embora as taxas de complicações

sejam comparáveis em ambos. Esse procedimento mostrou-se útil, sobretudo, no aprimoramento da técnica de manuseio da CR (Juul et al., 2022; Meinzer et al., 2020).

6. Cirurgia Oncológica

Embora a cirurgia oncológica pediátrica não tenha mudado significativamente nos últimos tempos, há uma perspectiva promissora envolvendo aspectos da cirurgia robótica e da realidade aumentada. A vantagem da visão tridimensional trazida pela tecnologia robótica oferece uma superioridade sobre outros procedimentos minimamente invasivos, inclusive na ressecção linfonodal. Embora a falta de feedback tátil possa ser um fator limitante, ela pode ser compensada pela visão ampliada. Atualmente, não há evidências suficientes para afirmar a superioridade da CR na cirurgia oncológica, embora já tenham sido documentados sucessos no tratamento de neuroblastoma em estágio IV, adenomioma cístico juvenil de 4 cm, cistoprostatectomia radical e adrenalectomia parcial. Todos esses procedimentos demonstraram ressecção R0, baixa morbidade pós-operatória e bons resultados a longo prazo (Meinzer et al., 2020; Privitera et al., 2021).

7. Otorrinolaringologia

No que diz respeito aos procedimentos robóticos transorais, a viabilidade e eficácia têm sido bem documentadas no contexto infantil, especialmente em relação à menor perda sanguínea, complicações intra e pós-operatórias, e baixos percentuais de conversão para cirurgia aberta. Um estudo constatou que, de 41 pacientes pediátricos, 90,2% puderam ser tratados roboticamente por via transoral sem maiores complicações. As principais indicações hoje são a excisão de tumores malignos e benignos da garganta, hipertrofia tonsilar, fissuras laríngeas congênitas, paralisia das pregas vocais, e massas na base da língua. Além disso, o tratamento da apneia do sono em crianças, por meio da remoção de tumores na base da língua ou das amígdalas, promove uma melhora significativa na qualidade de vida, com aumento da saturação de oxigênio no sangue (Yang, Wang e Ni, 2022; Vianini et al., 2021; Mei e Tang, 2023).

A perspectiva futura das cirurgias robóticas na otorrinolaringologia é que se tornem cada vez mais complexas e desafiadoras, como no tratamento de hamartomas de cabeça e pescoço e linfangiomas, mas com resultados satisfatórios e sem complicações óbvias. Além disso, outras vias, como a transaxilar e retroauricular, obtiveram resultados satisfatórios em cirurgias cervicais realizadas por uma grande parte dos cirurgiões (Yang, Wang e Ni, 2022; Vianini et al., 2021; Mei e Tang, 2023).

8. Neurologia

Na neurocirurgia, a ablação a laser estereotáxica assistida por robô é uma técnica promissora para o tratamento de epilepsia em crianças, especialmente devido à precisão necessária para o procedimento. Sob essa perspectiva, a cirurgia da coluna vertebral robô-assistida em crianças, embora ainda pouco documentada, tem tendência a aprimoramento, pois também exige uma destreza conferida pelo robô, superior às técnicas de mão livre. Um exemplo disso é a cirurgia para colocação de parafusos pediculares em crianças com deformidades espinhais, que apresentou um sucesso superior em relação à cirurgia aberta. A aplicação da radiocirurgia estereotáxica robô-assistida em adultos é bem recomendada atualmente, contudo, em crianças há poucos registros desse procedimento. Esse tratamento é particularmente interessante para crianças impossibilitadas de intervenção cirúrgica, com recorrência tumoral ou em tratamento paliativo (Morse et al., 2021; Ehret et al., 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cirurgia robótica na pediatria tem demonstrado inúmeras vantagens em relação às cirurgias laparoscópica e aberta, especialmente em termos de precisão, menor trauma cirúrgico e recuperação acelerada. A introdução de sistemas como o Da Vinci e o Senhance marcou um avanço significativo, apesar das limitações em seu uso em neonatos e lactentes. O desenvolvimento contínuo de novas tecnologias, como o



KidsArm e o MUSA, promete superar essas barreiras e expandir ainda mais o campo de aplicação da cirurgia robótica pediátrica. No entanto, desafios como os altos custos e a necessidade de treinamento especializado devem ser abordados para garantir a ampla adoção dessa tecnologia. Pesquisas futuras devem focar em comparações mais detalhadas entre diferentes sistemas robóticos e métodos tradicionais, bem como em estratégias para aumentar a acessibilidade e a eficiência dos procedimentos robóticos em pediatria. Em suma, a fusão da precisão robótica com a expertise humana representa um futuro promissor para a cirurgia pediátrica minimamente invasiva.

REFERÊNCIAS

AUTORINO, G.; MENDOZA-SAGAON, M.; SCUDERI, M. G. Narrative review in learning curve and pediatric robotic training program. **Translational pediatrics**, v. 13, n. 2, p. 343–349, 2024.

CASTAGNETTI, M. et al. Searching for the least invasive management of pelvi-ureteric junction obstruction in children: A critical literature review of comparative outcomes. **Frontiers in pediatrics**, v. 8, 2020.

EHRET, F. et al. Applications of frameless image-guided robotic stereotactic radiotherapy and radiosurgery in pediatric neuro-oncology: A systematic review. **Cancers**, v. 14, n. 4, p. 1085, 2022.

ESPOSITO, C. et al. Robotic-assisted pyeloplasty in children: a systematic review of the literature. **Journal of robotic surgery**, v. 17, n. 4, p. 1239–1246, 2023.

FERNANDEZ, N.; FARHAT, W. A. A comprehensive analysis of robot-assisted surgery uptake in the pediatric surgical discipline. **Frontiers in surgery**, v. 6, p. 9, 2019.

FUCHS, M. E.; DAJUSTA, D. G. Robotics in pediatric urology. **International braz j urol: official journal of the Brazilian Society of Urology**, v. 46, n. 3, p. 322–327, 2020.

GARGOLLO, P. C.; WHITE, L. A. Robotic-assisted bladder neck procedures for incontinence in pediatric patients. **Frontiers in pediatrics**, v. 7, 2019.



GONZÁLEZ, S. T. et al. Multicenter comparative study of open, laparoscopic, and robotic pyeloplasty in the pediatric population for the treatment of ureteropelvic junction obstruction (UPJO). **International braz j urol: official journal of the Brazilian Society of Urology**, v. 48, n. 6, p. 961–968, 2022a.

GONZÁLEZ, S. T. et al. Multicenter comparative study of open, laparoscopic, and robotic pyeloplasty in the pediatric population for the treatment of ureteropelvic junction obstruction (UPJO). **International braz j urol: official journal of the Brazilian Society of Urology**, v. 48, n. 6, p. 961–968, 2022b.

GUNDETI, M.; HOU, S.; XING, M. Pediatric robotic urologic procedures: Indications and outcomes. **Indian journal of urology: IJU: journal of the Urological Society of India**, v. 39, n. 2, p. 107, 2023.

IACOB, E. R. et al. Small scale, high precision: Robotic surgery in neonatal and pediatric patients—A narrative review. **Children (Basel, Switzerland)**, v. 11, n. 3, p. 270, 2024.

JONES, R. E. et al. A narrative review of the modern surgical management of pediatric choledochal cysts. **Translational gastroenterology and hepatology**, v. 6, p. 37–37, 2021.

JUUL, N. et al. Robot-assisted vs. Open appendicovesicostomy in pediatric urology: A systematic review and single-center case series. **Frontiers in pediatrics**, v. 10, 2022.

KREBS, T. F. et al. Robotically assisted surgery in children—A perspective. **Children (Basel, Switzerland)**, v. 9, n. 6, p. 839, 2022.

LEE, K. S. et al. Accuracy of robot-assisted stereotactic MRI-guided laser ablation in children with epilepsy. **Journal of neurosurgery. Pediatrics**, v. 32, n. 2, p. 214–222, 2023.

LOPEZ, P. et al. Enhancing surgical planning for abdominal tumors in children through advanced 3D visualization techniques: a systematic review of future prospects. **Frontiers in pediatrics**, v. 12, 2024.

MARTINELLO, N.; LOSHAK, H. Experiences with and expectations of robotic surgical systems: A



rapid qualitative review [internet]. 2020b.

MASIERI, L. et al. Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty in children: a systematic review.

Minerva urologica e nefrologica [The Italian journal of urology and nephrology], v. 72, n. 6, 2020.

MEI, H.; TANG, S. Robotic-assisted surgery in the pediatric surgeons' world: Current situation and future perspectives. **Frontiers in pediatrics**, v. 11, 2023.

MEINZER, A. et al. Advances and trends in pediatric minimally invasive surgery. **Journal of clinical medicine**, v. 9, n. 12, p. 3999, 2020.

MORSE, K. W. et al. Less invasive pediatric spinal deformity surgery: The case for robotic-assisted placement of pedicle screws. **HSS journal: the musculoskeletal journal of Hospital for Special Surgery**, v. 17, n. 3, p. 317–325, 2021.

O'BRIEN, L. P. et al. Paediatric robotic surgery: a narrative review. **Journal of robotic surgery**, v. 17, n. 4, p. 1171–1179, 2023.

PAKKASJÄRVI, N. et al. Learning curves in pediatric robot-assisted pyeloplasty: A systematic review. **Journal of clinical medicine**, v. 11, n. 23, p. 6935, 2022.

PRIVITERA, L. et al. Above and beyond robotic surgery and 3D modelling in paediatric cancer surgery. **Frontiers in pediatrics**, v. 9, 2021.

SAXENA, A. K. et al. Narrative review: robotic pediatric surgery—current status and future perspectives. **Translational pediatrics**, v. 12, n. 10, p. 1875–1886, 2023.

SHEN, L. T.; TOU, J. Application and prospects of robotic surgery in children: a scoping review. **World journal of pediatric surgery**, v. 5, n. 4, p. e000482, 2022.

SUN, M. et al. The efficacy of robotic-assisted laparoscopic pyeloplasty for pediatric ureteropelvic junction obstruction: a systematic review and meta-analysis. **Pediatric surgery**



international, v. 39, n. 1, p. 265, 2023.

VIANINI, M. et al. Experience in transoral robotic surgery in pediatric subjects: A systematic literature review. **Frontiers in surgery**, v. 8, 2021.

YANG, L.; WANG, S.; NI, X. Lin chuang er bi yan hou tou jing wai ke za zhi = **Journal of clinical otorhinolaryngology, head, and neck surgery**, v. 36, p. 63–67, 2022.