



IMPACTO DA CIRURGIA ROBÓTICA NA RECUPERAÇÃO PEDIÁTRICA

João Victor Titonelli Elias¹, Larissa Santos Luna¹, Paula Lima Sperandio¹, Rafaela Migliorini Coelho¹, Isabella Doriguêto Moreira²

REVISÃO NARRATIVA

RESUMO

A cirurgia robótica tem se tornado uma ferramenta essencial na prática cirúrgica contemporânea, oferecendo avanços significativos na precisão e eficácia dos procedimentos, especialmente na pediatria. Este artigo revisa as aplicações atuais da cirurgia robótica em cirurgia pediátrica, destacando suas vantagens na redução do trauma cirúrgico, recuperação mais rápida e melhores resultados estéticos. Embora enfrentando desafios como custos elevados e curva de aprendizado dos cirurgiões, a cirurgia robótica promete transformar ainda mais a cirurgia pediátrica com o desenvolvimento contínuo de tecnologias mais avançadas e aprimoramento de técnicas de treinamento.

Palavras-chave: Procedimentos Cirúrgicos Robóticos; Pediátricos; Benefício; Limitações.

IMPACT OF ROBOTIC SURGERY ON PEDIATRIC RECOVERY



ABSTRACT

Robotic surgery has become an essential tool in contemporary surgical practice, offering significant advancements in the precision and effectiveness of procedures, especially in pediatrics. This article reviews the current applications of robotic surgery in pediatric surgery, highlighting its advantages in reducing surgical trauma, faster recovery, and better aesthetic outcomes. Although facing challenges such as high costs and surgeon learning curve, robotic surgery promises to further transform pediatric surgery with the continuous development of more advanced technologies and training techniques.

Keywords: Robotic Surgical Procedures; Pediatric; Benefits; Limitations..

Instituição afiliada:

1. Graduando(a) da Faculdade de Minas de Muriaé (FAMINAS).
2. Graduado(a) da Faculdade de Minas de Muriaé (FAMINAS).

Dados da publicação: Artigo recebido em 18 de Abril e publicado em 08 de Junho de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n6p667-683>

Autor correspondente: João Victor Titonelli Elias

INTRODUÇÃO

A cirurgia robótica representa um avanço tecnológico transformador na prática cirúrgica contemporânea, oferecendo novas perspectivas e desafios para profissionais de saúde e pesquisadores. Este artigo de revisão narrativa se propõe a examinar as aplicações atuais da cirurgia robótica e as limitações que ela enfrenta, com foco na influência dessa tecnologia no desfecho cirúrgico e na qualidade dos cuidados aos pacientes pediátricos (FARAJIPARVAR; PANDYA, 2020).

Nos últimos anos, houve uma expansão significativa no uso de sistemas cirúrgicos robóticos em diversas especialidades médicas. Equipamentos como o Sistema da Vinci têm sido amplamente adotados para procedimentos que variam desde cirurgias urológicas e ginecológicas até procedimentos cardíacos e gastrointestinais. Essa adoção crescente é impulsionada pela capacidade dos robôs de fornecer precisão aprimorada, visualização tridimensional magnificada e maior destreza em espaços cirúrgicos confinados. No campo pediátrico, essas vantagens são ainda mais cruciais, dado o tamanho reduzido e a fragilidade dos corpos das crianças (MEINZER *et al.*, 2020).

A promessa da cirurgia robótica na pediatria reside na sua capacidade de melhorar os resultados cirúrgicos, reduzir complicações pós-operatórias e acelerar a recuperação dos pacientes jovens. Em cirurgias pediátricas, a precisão do sistema robótico pode minimizar danos nos tecidos circundantes, resultando em menor tempo de internação e recuperação mais rápida. A cirurgia robótica também permite abordagens menos invasivas, o que é particularmente benéfico para crianças, pois minimiza a dor pós-operatória e reduz as cicatrizes, melhorando a qualidade de vida durante a recuperação (MULITA *et al.*, 2022).

No entanto, a implementação generalizada da cirurgia robótica na pediatria ainda enfrenta obstáculos importantes. Os altos custos de aquisição e manutenção dos sistemas robóticos continuam sendo uma barreira significativa para muitos hospitais e sistemas de saúde. Além disso, há desafios relacionados à curva de aprendizado dos cirurgiões, que requerem treinamento especializado para dominar a operação desses dispositivos complexos de forma eficaz. Esses desafios são acentuados na pediatria, onde a margem de erro é menor devido ao tamanho e à complexidade dos corpos das crianças (MULITA *et al.*, 2022).

Neste contexto, este artigo visa realizar uma análise aprofundada das implicações da cirurgia robótica na prática clínica pediátrica, destacando as aplicações mais recentes e

examinando as limitações e desafios enfrentados por essa tecnologia inovadora. Ao compreender plenamente o panorama atual da cirurgia robótica em pediatria, os profissionais de saúde podem explorar estratégias para otimizar o uso dessa tecnologia e maximizar seus benefícios para os pacientes jovens (DE'ANGELIS *et al.*, 2022).

Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a influência da cirurgia robótica na melhoria dos desfechos cirúrgicos em pacientes pediátricos. Pretendemos examinar de que maneira a tecnologia robótica tem impactado positivamente a precisão e eficácia dos procedimentos cirúrgicos em crianças, levando a uma redução de complicações pós-operatórias e a uma recuperação mais rápida. Além disso, buscaremos identificar e discutir as limitações atuais da cirurgia robótica, como custos elevados, complexidade técnica e desafios de treinamento, que podem afetar sua adoção e implementação generalizada na prática clínica pediátrica. Ao compreender melhor esses aspectos, esperamos contribuir para o avanço contínuo e aprimoramento dessa tecnologia inovadora na área da saúde infantil.

METODOLOGIA

Esta revisão narrativa foi realizada no período de janeiro de 2024 a junho de 2024 e foi conduzida por meio de pesquisas nas bases de dados PubMed, Medline, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), UpToDate e LILACS. A busca utilizou os descritores "Procedimentos Cirúrgicos Robóticos", "Pediátricos", "Limitações" e "Benefícios", resultando em 124 artigos. Esses artigos foram, então, submetidos a critérios de seleção.

Os critérios de inclusão abrangeram artigos nos idiomas inglês, português, espanhol e chinês, publicados entre 2024 e 2019, que tratavam das temáticas propostas para a pesquisa. Foram considerados preferencialmente estudos do tipo revisão sistemática e meta-análise, disponibilizados integralmente. Os critérios de exclusão englobaram artigos duplicados, disponibilizados apenas em forma de resumo e aqueles que não abordavam diretamente a proposta estudada, além de não atenderem aos demais critérios de inclusão.

Após a aplicação dos critérios de seleção, restaram 10 artigos, os quais foram submetidos a uma leitura minuciosa para a coleta de dados. Os resultados foram apresentados de forma descritiva, divididos em categorias temáticas que abordam: as perspectivas futuras da cirurgia robótica na recuperação pediátrica, o uso da cirurgia robótica na urologia pediátrica, o uso da cirurgia robótica na cirurgia de cabeça e pescoço em

otorrinolaringologia pediátrica e os avanços da cirurgia minimamente invasiva pediátrica.

Como parte do processo, a metodologia incluiu a justificativa para a escolha dos descritores, uma explicação detalhada dos critérios de inclusão e exclusão, bem como considerações sobre o período de busca e as bases de dados selecionadas. Adicionalmente, a leitura minuciosa dos artigos permitiu uma análise mais aprofundada, enquanto a apresentação dos resultados buscou organizar as descobertas de maneira clara e coerente. Esta metodologia proporciona uma base sólida para a revisão narrativa, destacando a transparência e rigor no processo de seleção e análise dos estudos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cirurgia robótica tem emergido como uma ferramenta revolucionária na medicina, particularmente na recuperação pediátrica. Com o advento de tecnologias avançadas e a miniaturização de instrumentos cirúrgicos, o campo da cirurgia pediátrica tem visto um aumento significativo na aplicação de técnicas minimamente invasivas assistidas por robôs. A precisão e a estabilidade proporcionadas pelos sistemas robóticos oferecem benefícios substanciais em termos de redução de trauma cirúrgico, recuperação mais rápida e melhores resultados estéticos (SAXENA *et al.*, 2023).

O desenvolvimento contínuo de sistemas robóticos cada vez mais sofisticados promete transformar ainda mais a cirurgia pediátrica. As inovações incluem robôs menores, mais precisos e com maior capacidade de realizar procedimentos complexos com invasividade mínima. A inteligência artificial e a realidade aumentada estão começando a ser integradas nesses sistemas, oferecendo suporte em tempo real e aprimorando a segurança e a eficácia dos procedimentos. Futuramente, espera-se que essas tecnologias possibilitem cirurgias ainda mais delicadas e específicas, reduzindo complicações e melhorando a recuperação pós-operatória (PRIVITERA *et al.*, 2020).

A urologia pediátrica tem se beneficiado significativamente da cirurgia robótica. Procedimentos como pieloplastia, nefrectomia e correção de refluxo vesicoureteral são realizados com maior precisão e menor invasão, resultando em tempos de recuperação mais rápidos e menor dor pós-operatória. Estudos têm demonstrado que a cirurgia robótica em urologia pediátrica não apenas melhora os resultados funcionais, mas também reduz a incidência de complicações comparada às técnicas tradicionais (FUCHS; DAJUSTA, 2020).

Na otorrinolaringologia pediátrica, a cirurgia robótica tem mostrado grande promessa na

realização de procedimentos complexos de cabeça e pescoço. A capacidade de operar em espaços anatômicos pequenos e delicados com precisão milimétrica tem sido crucial para o sucesso em intervenções como ressecções tumorais e correções de malformações congênitas. Além disso, a abordagem minimamente invasiva da robótica diminui o risco de cicatrizes visíveis e acelera a recuperação (YANG *et al.*, 2022).

Os avanços na cirurgia minimamente invasiva pediátrica, incluindo a integração de tecnologias robóticas, têm resultado em melhorias substanciais na prática clínica. A utilização de técnicas fetoscópicas para condições como mielomeningocele e hérnia diafragmática congênita destaca a capacidade de intervenções precoces e menos invasivas. A inovação em dispositivos de anastomose magnética e robôs implantáveis exemplifica o futuro promissor da área, com potencial para procedimentos menos traumáticos e recuperações mais rápidas. Além disso, a aplicação de robótica em procedimentos híbridos e técnicas de cirurgia de incisão única está pavimentando o caminho para um tratamento cirúrgico pediátrico mais seguro e eficiente (AUTORINO; MENDOZA-SAGAON; SCUDERI, 2024).

A cirurgia robótica está redefinindo os paradigmas da cirurgia pediátrica, oferecendo uma combinação de precisão, menor invasividade e recuperação acelerada. À medida que as tecnologias continuam a evoluir, espera-se que o impacto positivo na recuperação pediátrica se expanda, proporcionando melhores desfechos para os pacientes mais jovens. A integração contínua de novas tecnologias e abordagens inovadoras promete um futuro ainda mais brilhante para a cirurgia pediátrica minimamente invasiva.

Perspectivas Futuras da Cirurgia Robótica na Recuperação Pediátrica

A cirurgia assistida por robô tem revolucionado o campo da cirurgia pediátrica, trazendo avanços significativos em termos de precisão, recuperação e resultados pós-operatórios. À medida que a tecnologia avança, a expectativa é que a aplicação da cirurgia robótica em pediatria continue a expandir e melhorar. As perspectivas futuras apontam para várias áreas de desenvolvimento e melhoria contínua, que podem transformar ainda mais a prática cirúrgica pediátrica (SAXENA *et al.*, 2023).

A evolução das plataformas robóticas é uma das áreas mais promissoras. Espera-se que os sistemas robóticos se tornem mais compactos e acessíveis, facilitando sua adaptação às dimensões dos pacientes pediátricos. O desenvolvimento de instrumentos robóticos menores

e mais flexíveis permitirá procedimentos em crianças de menor peso e idade, superando uma das principais limitações atuais. Além disso, avanços na inteligência artificial e na automação podem melhorar a precisão dos movimentos robóticos e oferecer suporte adicional aos cirurgiões durante operações complexas (SAXENA *et al.*, 2023).

O treinamento de cirurgiões em técnicas robóticas específicas para pediatria será fundamental para maximizar os benefícios dessa tecnologia. Programas de treinamento especializados e simuladores de realidade aumentada podem reduzir a curva de aprendizado e aumentar a proficiência dos cirurgiões, resultando em tempos operatórios mais curtos e menores taxas de complicações. A integração de técnicas robóticas no currículo de formação de novos cirurgiões também será essencial para garantir que futuras gerações estejam bem preparadas para utilizar essas tecnologias (SAXENA *et al.*, 2023).

Com o contínuo refinamento das técnicas e instrumentos, é esperado que a cirurgia robótica se torne uma opção viável para um número crescente de procedimentos pediátricos. Áreas como a cirurgia cardíaca pediátrica, neurocirurgia e cirurgias ortopédicas complexas podem se beneficiar significativamente da precisão e controle oferecidos pelos sistemas robóticos. Estudos futuros e ensaios clínicos serão necessários para validar a eficácia e segurança dessas novas aplicações (SAXENA *et al.*, 2023).

A recuperação pós-operatória é uma área onde a cirurgia robótica pode oferecer vantagens substanciais. A minimização da invasividade, combinada com a precisão dos procedimentos robóticos, pode resultar em menor dor pós-operatória, menos complicações e tempos de hospitalização reduzidos. Além disso, a melhoria nos resultados cosméticos pode ter um impacto positivo na qualidade de vida dos pacientes pediátricos e suas famílias (PRIVITERA *et al.*, 2020).

A integração da cirurgia robótica com outras tecnologias médicas avançadas, como a cirurgia guiada por imagem e a terapia genética, pode abrir novas fronteiras no tratamento de condições pediátricas complexas. A cirurgia robótica assistida por imagem, por exemplo, pode permitir a remoção precisa de tumores ou a correção de anomalias congênitas com maior segurança. A combinação dessas tecnologias pode levar a abordagens mais personalizadas e eficazes no tratamento de diversas patologias pediátricas (HOU; XING; GUENDETI, 2023).

Embora o custo inicial da tecnologia robótica seja uma barreira significativa, a

expectativa é que, com o aumento da adoção e a evolução das tecnologias, os custos de aquisição e manutenção diminuam. Economias de escala, inovação tecnológica e concorrência no mercado podem tornar os sistemas robóticos mais acessíveis para hospitais e clínicas ao redor do mundo. Além disso, os benefícios em termos de redução de complicações e tempos de hospitalização podem compensar os custos iniciais ao longo do tempo (HOU; XING; GUENDETI, 2023).

As perspectivas futuras para a cirurgia robótica na recuperação pediátrica são promissoras e apontam para avanços significativos que podem transformar a prática cirúrgica. O contínuo desenvolvimento tecnológico, o aprimoramento do treinamento dos cirurgiões, a expansão das indicações cirúrgicas e a integração com outras tecnologias médicas são elementos-chave que impulsionarão essa evolução. À medida que a cirurgia robótica se torna mais acessível e eficaz, os benefícios para os pacientes pediátricos e suas famílias serão cada vez mais evidentes, oferecendo uma alternativa sólida e inovadora para o tratamento de diversas condições médicas.

Uso da cirurgia robótica na urologia pediátrica

A cirurgia robótica na urologia pediátrica tem evoluído significativamente, tornando-se um componente crucial nas práticas modernas devido às suas vantagens sobre os métodos tradicionais. Inicialmente desenvolvida para uso em adultos, a cirurgia robótica foi gradualmente adotada em pediatria, superando desafios como custos elevados e a complexidade técnica associada a procedimentos minimamente invasivos em crianças. Atualmente, a cirurgia robótica é considerada o padrão ouro para pieloplastia em adolescentes nos Estados Unidos e está se expandindo para uma variedade de outros procedimentos urológicos pediátricos, incluindo nefrectomia, heminefrectomia, reimplante ureteral e ureteroureterostomia. Além disso, tem se mostrado viável e com sucesso comparável à cirurgia aberta em procedimentos complexos, como a reconstrução do colo da bexiga com procedimentos de Mitrofanoff e Malone, e o aumento da bexiga (FUCHS; DAJUSTA, 2020).

A pieloplastia robótica é um exemplo destacado de como a tecnologia robótica transformou a prática cirúrgica pediátrica. A pieloplastia laparoscópica, descrita pela primeira vez em 1993, demonstrou taxas de sucesso semelhantes às da cirurgia aberta, mas foi a

introdução da robótica que realmente impulsionou a adoção generalizada deste procedimento. Em 2015, mais de 80% das pieloplastias em adolescentes nos Estados Unidos eram realizadas com assistência robótica. Em crianças de 1 a 12 anos, a pieloplastia robótica também está se tornando o procedimento de escolha, com mais de 40% dessas cirurgias sendo realizadas roboticamente em 2015. Em bebês, o uso da robótica ainda é controverso devido ao espaço intra-abdominal limitado e ao tamanho das portas de 8 mm, mas estudos mostram viabilidade e resultados excelentes (FUCHS; DAJUSTA, 2020).

A principal vantagem da cirurgia robótica na pieloplastia é a ergonomia aprimorada, que facilita a sutura intracorpórea e resulta em tempos operatórios mais curtos e menos complicações. A curva de aprendizado com a robótica é significativamente mais curta do que com a laparoscopia padrão, permitindo que novos cirurgiões alcancem a proficiência mais rapidamente. Adicionalmente, a técnica de colocação da porta HiDES proporciona benefícios cosméticos e funcionais, embora exija cuidado ao colocar a porta da câmera suprapúbica para evitar lesões na bexiga. Outro benefício é a redução do tempo de internação, que na maioria das séries robóticas atuais é inferior a 24 horas, e o desenvolvimento de protocolos ERAS pode melhorar ainda mais esses tempos (FUCHS; DAJUSTA, 2020).

O reimplante ureteral robótico é um procedimento controverso na urologia pediátrica, com a técnica extravesical de Lich-Gregoir sendo a mais utilizada. Estudos iniciais multicêntricos apresentaram taxas de sucesso inferiores às do procedimento aberto e uma maior taxa de complicações, mas pesquisas mais recentes mostraram melhorias significativas, com taxas de sucesso e complicações comparáveis aos procedimentos abertos. A principal desvantagem do reimplante extravesical é a possibilidade de retenção urinária pós-operatória temporária, especialmente em procedimentos bilaterais ou em pacientes com disfunção miccional prévia (FUCHS; DAJUSTA, 2020).

A reconstrução complexa da bexiga com assistência robótica também se tornou uma opção viável, especialmente para pacientes com bexiga neurogênica. Procedimentos como Mitrofanoff, reconstrução do colo vesical e aumento da bexiga podem agora ser realizados por laparoscopia robótica, com resultados comparáveis aos da técnica aberta. No entanto, a curva de aprendizado para esses procedimentos é íngreme, e eles normalmente levam mais tempo para serem realizados do que seus equivalentes abertos (MEI; TANG, 2023).

Em conclusão, a cirurgia robótica na urologia pediátrica oferece vantagens significativas,

principalmente em procedimentos como pieloplastia e reimplante ureteral. A aplicação em reconstruções complexas da bexiga está crescendo, embora limitada pelo volume reduzido desses casos. A tecnologia robótica facilita a adoção de técnicas minimamente invasivas, melhorando os resultados cirúrgicos e a recuperação dos pacientes.

Uso da Cirurgia Robótica na Cirurgia de Cabeça e Pescoço em Otorrinolaringologia Pediátrica

A aplicação do Sistema Cirúrgico Da Vinci (DVSS) na otorrinolaringologia pediátrica está crescendo rapidamente, oferecendo novas possibilidades de tratamento para cirurgias complexas de cabeça e pescoço em crianças. Desde sua aprovação no início do século XXI, o DVSS tem sido amplamente utilizado em diversas especialidades cirúrgicas devido à sua precisão e segurança. Recentemente, seu uso tem sido estendido para a população pediátrica, particularmente na otorrinolaringologia e cirurgia de cabeça e pescoço, com resultados promissores. As indicações para a Cirurgia Robótica Transoral (TORS) em crianças incluem tumores benignos e malignos da faringe, hipertrofia das tonsilas, fendas laríngeas congênitas, paralisia das cordas vocais e tumores na base da língua (YANG *et al.*, 2022).

O DVSS oferece uma visão tridimensional (3D) em alta definição (HD), ampliada mais de 10 vezes, permitindo ao cirurgião realizar procedimentos com uma precisão sem precedentes. Essa visualização aprimorada é crucial em cirurgias pediátricas, onde as estruturas anatômicas são menores e mais delicadas. A abordagem minimamente invasiva do DVSS reduz o trauma cirúrgico, resultando em menos dor pós-operatória, menor perda sanguínea e cicatrizes mínimas, o que é particularmente importante em pacientes pediátricos. Estudos mostram que a TORS pode realizar remoções tumorais pela cavidade oral com cicatrizes mínimas, proporcionando excelentes resultados estéticos (YANG *et al.*, 2022).

A capacidade do DVSS de filtrar tremores manuais e permitir movimentos cirúrgicos precisos diminui o risco de complicações pós-operatórias. Em um estudo, Leonardis *et al.* relataram uma taxa de conclusão cirúrgica de 100% em tonsilectomias pediátricas usando TORS, sem complicações significativas. Para crianças com apneia obstrutiva do sono (OSA), a remoção de tonsilas ou tumores na base da língua com TORS tem mostrado reduzir significativamente o índice de apneia do sono e melhorar a saturação de oxigênio. Em casos de paralisia irreversível das cordas vocais, o DVSS pode ser utilizado para realizar ressecções parciais da cartilagem aritenóide, aliviando a dificuldade respiratória e melhorando a

qualidade de vida dos pacientes (YANG *et al.*, 2022).

Alguns estudos demonstraram sucesso no reparo de fendas laríngeas tipo I em crianças, utilizando TORS, com melhoria significativa na função de deglutição pós-operatória. O DVSS está sendo aplicado em cirurgias de tumores complexos, como hamartomas e linfangiomas, com bons resultados cirúrgicos e sem complicações significativas. Kayhan *et al.* relataram a realização de uma cirurgia bem-sucedida para a remoção de um cisto do ducto tireoglossos em um bebê de 2 meses, destacando a versatilidade e segurança do DVSS em pacientes muito jovens (YANG *et al.*, 2022).

Embora os resultados iniciais sejam encorajadores, o uso do DVSS em otorrinolaringologia pediátrica ainda enfrenta desafios, como a dificuldade de exposição do campo cirúrgico e a interferência entre os instrumentos cirúrgicos em espaços anatômicos limitados. A seleção adequada de dispositivos de abertura e a adaptação contínua das técnicas são essenciais para superar esses obstáculos. Com o avanço contínuo da tecnologia robótica e a experiência crescente dos cirurgiões, espera-se que o DVSS se torne uma ferramenta ainda mais eficaz na cirurgia pediátrica. O desenvolvimento de instrumentos menores e mais precisos, juntamente com a melhoria das técnicas de visualização e controle, provavelmente expandirá as aplicações do DVSS e melhorará os resultados cirúrgicos (KREBS *et al.*, 2022).

A aplicação do DVSS na cirurgia de cabeça e pescoço em otorrinolaringologia pediátrica mostra um impacto positivo significativo na recuperação dos pacientes. Os avanços tecnológicos e a experiência acumulada prometem expandir ainda mais as indicações e melhorar os resultados, tornando o DVSS uma ferramenta valiosa para cirurgias pediátricas complexas. Cirurgiões devem continuar a adotar e dominar essas novas tecnologias para proporcionar tratamentos mais seguros e eficazes aos seus pacientes jovens (KREBS *et al.*, 2022).

Avanços da Cirurgia Minimamente Invasiva Pediátrica

A cirurgia minimamente invasiva pediátrica (MIS) tem avançado significativamente nas últimas décadas, proporcionando benefícios substanciais em termos de recuperação, dor pós-operatória e resultados estéticos. Este campo inclui desde procedimentos fetais minimamente invasivos até a cirurgia robótica em adolescentes, com a evolução de novas técnicas e dispositivos que têm transformado o panorama cirúrgico pediátrico (AUTORINO; MENDOZA-

SAGAON; SCUDERI, 2024).

Um dos avanços mais notáveis é a utilização de técnicas como a cirurgia endoscópica transluminal por orifício natural (NOTES), que permite realizar intervenções cirúrgicas sem a necessidade de incisões externas, acessando a cavidade abdominal por meio de orifícios naturais como estômago, vagina ou reto. Embora os desafios técnicos ainda existam, como o conflito de instrumentos e exposição abaixo do ideal, a técnica híbrida de NOTES, que combina acesso transluminal com uma porta adicional através do umbigo, mostrou-se promissora em termos de segurança e eficácia. Estudos prospectivos e randomizados têm demonstrado que o NOTES pode reduzir a dor pós-operatória e melhorar a satisfação estética dos pacientes, sendo uma abordagem minimamente invasiva verdadeiramente eficaz (AUTORINO; MENDOZA-SAGAON; SCUDERI, 2024).

Além disso, a microlaparoscopia com instrumentos de 2 mm de diâmetro tem sido incorporada com sucesso em diversos procedimentos pediátricos, como o reparo de hérnia diafragmática congênita e a pieloplastia transperitoneal. Esses instrumentos menores permitem uma manipulação mais delicada dos tecidos, resultando em cicatrizes menores e recuperação mais rápida

Outro desenvolvimento significativo é a cirurgia laparoscópica de incisão única (SILS) e a cirurgia toracoscópica uniportal assistida por vídeo (VATS). Essas técnicas oferecem a vantagem de reduzir o número de incisões necessárias, minimizando o trauma cirúrgico e melhorando os resultados cosméticos. A literatura já documenta o uso bem-sucedido de SILS em procedimentos como apendicectomia, refluxo gastroesofágico e estenose da junção ureteropélvica, demonstrando sua viabilidade e segurança (AUTORINO; MENDOZA-SAGAON; SCUDERI, 2024).

A cirurgia robótica também tem desempenhado um papel crucial na MIS pediátrica. Sistemas como o DaVinci e o Senhance proporcionam maior precisão e controle durante procedimentos complexos, especialmente em espaços anatômicos restritos. A ampliação do campo operatório, visão tridimensional e melhor ergonomia para o cirurgião são alguns dos benefícios que a cirurgia robótica oferece em comparação com a laparoscopia convencional. Embora o uso de robôs como o DaVinci seja limitado em recém-nascidos devido ao tamanho dos instrumentos, procedimentos em crianças mais velhas têm mostrado resultados promissores (O'BRIEN *et al.*, 2023).

Além disso, técnicas emergentes como a miotomia endoscópica peroral (POEM) para acalasia e a terapia endoscópica de apendicite retrógrada (ERAT) para apendicite não complicada representam novos horizontes para o tratamento minimamente invasivo de patologias específicas na população pediátrica. Estudos recentes indicam que essas abordagens podem oferecer alternativas viáveis e seguras aos métodos tradicionais, com benefícios adicionais em termos de recuperação e resultados pós-operatórios (SHETH; KOH, 2019).

Em resumo, a cirurgia minimamente invasiva pediátrica está em constante evolução, impulsionada pelo desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas que prometem melhorar os resultados cirúrgicos e reduzir o trauma para os pacientes. No entanto, é crucial que esses avanços sejam validados por meio de ensaios clínicos rigorosos para garantir que os benefícios proclamados sejam de fato alcançados na prática clínica. Assim, a inclusão de todas as opções cirúrgicas e não cirúrgicas no processo de decisão, juntamente com a geração de dados concretos por meio de estudos prospectivos e controlados, é fundamental para o progresso contínuo da MIS pediátrica.

CONCLUSÃO

Com a rápida evolução da cirurgia minimamente invasiva pediátrica (MIS), impulsionada pelo desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas, surgem perspectivas promissoras para o futuro da cirurgia pediátrica. A aplicação crescente de abordagens como cirurgia endoscópica transluminal por orifício natural (NOTES), microlaparoscopia, cirurgia de incisão única (SILS) e cirurgia robótica está revolucionando a prática cirúrgica, proporcionando benefícios significativos em termos de recuperação, dor pós-operatória e resultados estéticos para pacientes pediátricos.

Essas técnicas oferecem uma redução do trauma cirúrgico, menor tempo de internação e cicatrizes mínimas, além de permitirem uma manipulação mais delicada dos tecidos, resultando em recuperação mais rápida e melhores resultados cosméticos. A cirurgia robótica, em particular, tem desempenhado um papel crucial na cirurgia pediátrica, oferecendo maior precisão e controle durante procedimentos complexos em espaços anatômicos restritos.

Embora esses avanços representem um progresso significativo, é fundamental que



sejam validados por meio de ensaios clínicos rigorosos para garantir sua eficácia e segurança na prática clínica. A inclusão de todas as opções cirúrgicas e não cirúrgicas no processo de decisão, juntamente com a geração de dados concretos por meio de estudos prospectivos e controlados, é essencial para o avanço contínuo da MIS pediátrica.

No entanto, com o contínuo desenvolvimento tecnológico e a crescente experiência dos cirurgiões, as perspectivas para o futuro da cirurgia pediátrica são promissoras. A aplicação cada vez mais ampla dessas técnicas e a incorporação de novas abordagens, como a miotomia endoscópica peroral (POEM) e a terapia endoscópica de apendicite retrógrada (ERAT), têm o potencial de transformar ainda mais o cenário cirúrgico pediátrico, oferecendo alternativas viáveis e seguras aos métodos tradicionais. Assim, a cirurgia minimamente invasiva pediátrica continua a ser uma área de grande interesse e desenvolvimento na medicina pediátrica contemporânea, com benefícios significativos para pacientes e profissionais de saúde.

REFERÊNCIAS

AUTORINO, Giuseppe; MENDOZA-SAGAON, Mario; SCUDERI, Maria. Narrative review in learning curve and pediatric robotic training program. **Transl Pediatr**, [S. l.], p. 343-349, 29 fev. 2024. DOI <https://doi.org/10.21037/tp-22-456>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38455750/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

DE'ANGELIS, Nicola *et al.* Robotic surgery in emergency setting: 2021 WSES position paper. **BMC**, [S. l.], p. n.p., 20 jan. 2022. DOI <https://doi.org/10.1186/s13017-022-00410-6>. Disponível em: <https://wjeb.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13017-022-00410-6>. Acesso em: 5 jun. 2024.

FARAJIPARVAR, Parinaz; YING, Hao; PANDYA, Abhilash. A Brief Survey of Telerobotic Time Delay Mitigation. **Front Robot Al.**, [S. l.], p. n.p., 15 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.578805>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33501338/>. Acesso em: 3 maio 2024.

FUCHS, Molly; DAJUSTA, Daniel. Robotics in Pediatric Urology. **Int Braz J Urol**, [S. l.], p. 322-327, 22 maio 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/s1677-5538.ibju.2020.99.03>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31961623/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

HOU, Sean; XING, Monica; GUNDETI, Mohan. Pediatric robotic urologic procedures: Indications and outcomes. **Indian J Urol**, [S. l.], p. 107-120, 31 mar. 2023. DOI https://doi.org/10.4103/iju.iju_276_22. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37304986/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

KREBS, Thomas *et al.* Robotically Assisted Surgery in Children-A Perspective. **Children (Basel)**, [S. l.], p. n.p., 6 jun. 2022. DOI <https://doi.org/10.3390/children9060839>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35740776/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

MEI, Hong; TANG, Shaotao. Robotic-assisted surgery in the pediatric surgeons' world: Current situation and future prospectives. **Front Pediatr**, [S. l.], p. n.p., 14 fev. 2023. DOI <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1120831>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36865692/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

MEINZER, Andreas *et al.* Advances and Trends in Pediatric Minimally Invasive Surgery. **J Clin Med**, [S. l.], p. n.p., 10 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/jcm9123999>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33321836/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

MULITA, Francesk *et al.* A Smarter Health through the Internet of Surgical Things. **Sensors (Basel)**, [S. l.], p. n.p., 17 jun. 2022. DOI <https://doi.org/10.3390/s22124577>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35746359/>. Acesso em: 3 maio 2024.

O'BRIEN, Lukas *et al.* Paediatric robotic surgery: a narrative review. **J Robot Surg**, [S. l.], p. 1171-1179, 17 ago. 2023. DOI <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01523-z>. Disponível em:



<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36645643/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

PRIVITERA, Laura *et al.* Above and Beyond Robotic Surgery and 3D Modelling in Paediatric Cancer Surgery. **Front Pediatr**, [S. l.], p. n.p., 20 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.3389/fped.2021.777840>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34988038/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

SAXENA, Amulya *et al.* Narrative review: robotic pediatric surgery-current status and future perspectives. **Transl Pediatr**, [S. l.], p. 1875-1886, 12 out. 2023. DOI <https://doi.org/10.21037/tp-22-427>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37969127/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

SHETH, Kunj; KOH, Chester. The Future of Robotic Surgery in Pediatric Urology: Upcoming Technology and Evolution Within the Field. **Front Pediatr**, [S. l.], p. n.p., 2 jul. 2019. DOI <https://doi.org/10.3389/fped.2019.00259>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31312621/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

YANG, Lei; WANG, Sheng; NI, Xin. [The application of Da Vinci surgical system in pediatric otolaryngology head and neck surgery]. **Lin Chuang Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi**, [S. l.], p. 63-67, 19 jan. 2022. DOI <https://doi.org/10.13201/j.issn.2096-7993.2022.01.015>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34979624/>. Acesso em: 5 jun. 2024.