

CIRURGIA ROBÓTICA PARA TUMORES EM CRIANÇAS

Thais Botelho Pacheco Pires¹

Renata Ferreira Sousa²

Júlia Milan Procópio e Silva³

Ana Victoria Ramos Miranda⁴

Ana Elisa Franca Almeida⁵

RESUMO: A cirurgia robótica para tumores em crianças emergiu como uma abordagem promissora, combinando os benefícios da cirurgia minimamente invasiva com a precisão e habilidade proporcionadas pela tecnologia robótica. Esta técnica representa um avanço significativo no tratamento de neoplasias pediátricas, oferecendo incisões mínimas, menor tempo de recuperação e reduzindo o risco de complicações pós-operatórias. A capacidade de realizar procedimentos complexos em áreas delicadas, como o cérebro e a medula espinhal, com precisão milimétrica, torna-a especialmente valiosa no contexto pediátrico. Objetivo: Este estudo visa analisar criticamente a literatura científica dos últimos 10 anos sobre a eficácia e segurança da cirurgia robótica para tumores em crianças, identificando as evidências disponíveis e destacando lacunas no conhecimento. Metodologia: Uma revisão sistemática foi conduzida de acordo com o checklist PRISMA. As bases de dados PubMed, Scielo e Web of Science foram pesquisadas utilizando os descritores "cirurgia robótica", "tumores", "crianças", "neoplasias pediátricas" e "cirurgia minimamente invasiva". Três critérios de inclusão foram estabelecidos: estudos publicados nos últimos 10 anos, envolvendo pacientes pediátricos submetidos à cirurgia robótica para tumores, e disponíveis em inglês, espanhol ou português. Três critérios de exclusão foram aplicados: estudos em adultos, estudos com foco exclusivo em cirurgia aberta e estudos que não relataram resultados cirúrgicos específicos em crianças. Resultados: A análise dos estudos selecionados destacou os benefícios da cirurgia robótica em termos de menor morbidade, recuperação mais rápida e resultados oncológicos comparáveis à cirurgia aberta. Além disso, foram identificadas tendências promissoras em relação à precisão e segurança do procedimento, especialmente em tumores intracranianos e abdominais. Conclusão: A cirurgia robótica para tumores em crianças representa uma abordagem inovadora e segura, com potencial para melhorar os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes pediátricos. No entanto, são necessários mais estudos para confirmar sua eficácia a longo prazo e estabelecer diretrizes claras para sua aplicação clínica.

Palavras-chave: Cirurgia robótica. Tumores. Crianças. Neoplasias pediátricas e cirurgia minimamente invasiva.

¹ Acadêmica de Medicina Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA.

² Médica Universidade Federal do Triângulo Mineiro UFTM.

³ Acadêmica de Medicina Faculdade de Medicina de Barbacena - FAME/FUNJOB.

⁴ Acadêmica de Medicina Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais – FCMMG.

⁵ Acadêmica de Medicina Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais – FCMMG.

INTRODUÇÃO

A cirurgia robótica para tumores em crianças representa uma avançada e promissora modalidade terapêutica, incorporando tecnologias de ponta para oferecer abordagens cirúrgicas altamente precisas e minimamente invasivas. Uma das características mais notáveis dessa técnica é a precisão extraordinária que proporciona durante a remoção de tumores em crianças. Por meio de sistemas robóticos avançados, os cirurgiões são capazes de realizar intervenções com uma precisão milimétrica, preservando os tecidos saudáveis circundantes e minimizando os danos aos órgãos vitais. Esse nível de precisão é especialmente crucial em áreas anatomicamente complexas, como o cérebro e a medula espinhal, onde mesmo pequenas lesões podem ter consequências significativas. Com a cirurgia robótica, os cirurgiões podem acessar essas regiões com incisões mínimas, reduzindo drasticamente o risco de danos colaterais e melhorando os resultados cirúrgicos.

Além da precisão, outro aspecto fundamental da cirurgia robótica para tumores em crianças é a sua menor invasividade e o consequente impacto positivo na recuperação pós-operatória. Ao contrário das técnicas convencionais de cirurgia aberta, que geralmente exigem incisões maiores e resultam em mais trauma nos tecidos circundantes, a abordagem robótica utiliza incisões mínimas, o que reduz significativamente o trauma cirúrgico. Isso se traduz em uma série de benefícios para as crianças submetidas ao procedimento, incluindo menor dor pós-operatória, diminuição do tempo de internação hospitalar e uma recuperação mais rápida e suave. A menor invasividade da cirurgia robótica também pode reduzir o risco de complicações pós-operatórias, permitindo que as crianças retornem mais rapidamente às suas atividades normais e desfrutem de uma melhor qualidade de vida após o tratamento de tumores. Esses dois aspectos – precisão e menor invasividade – destacam a cirurgia robótica como uma opção terapêutica altamente eficaz e potencialmente transformadora para crianças que enfrentam tumores.

A cirurgia robótica para tumores em crianças tem despertado crescente interesse na comunidade médica devido aos avanços tecnológicos e às possibilidades terapêuticas que oferece. Uma das características marcantes dessa abordagem é a visualização aprimorada do campo cirúrgico proporcionada por sistemas de câmeras de alta definição. Essa visualização detalhada permite aos cirurgiões identificar e remover tumores com precisão, contribuindo para melhores resultados cirúrgicos e, conseqüentemente, para uma recuperação mais eficaz

das crianças. Além disso, a cirurgia robótica é associada a uma detecção mais precisa de tumores, o que é fundamental para um planejamento cirúrgico adequado e uma intervenção eficaz.

Outro aspecto relevante da cirurgia robótica para tumores pediátricos é a melhoria significativa na qualidade de vida dos pacientes após o procedimento. Ao reduzir os efeitos adversos da cirurgia, como a dor pós-operatória e o tempo de recuperação, essa técnica permite que as crianças retomem suas atividades cotidianas mais rapidamente. Isso não apenas promove o bem-estar imediato dos pacientes, mas também tem impactos positivos a longo prazo em sua saúde física e emocional.

Apesar dos avanços e benefícios evidentes, a cirurgia robótica para tumores em crianças também apresenta desafios e oportunidades para futuras pesquisas e desenvolvimentos. Questões como o custo dos equipamentos e a necessidade de treinamento especializado para os profissionais de saúde ainda precisam ser abordadas para garantir a acessibilidade e a segurança dessa técnica. Além disso, são necessários estudos adicionais para avaliar a eficácia a longo prazo da cirurgia robótica em crianças, bem como para estabelecer diretrizes claras para sua aplicação clínica. Em meio a esses desafios, no entanto, a cirurgia robótica continua a representar uma área de grande potencial na busca por tratamentos mais eficazes e menos invasivos para tumores pediátricos.

OBJETIVO

O objetivo desta revisão sistemática de literatura é analisar criticamente os estudos científicos recentes sobre a cirurgia robótica para tumores em crianças, buscando reunir evidências atuais sobre a eficácia, segurança e resultados a longo prazo dessa modalidade terapêutica. Pretende-se também identificar lacunas no conhecimento e áreas para futuras pesquisas, fornecendo insights que possam orientar a prática clínica e contribuir para o aprimoramento contínuo dessa importante área da medicina pediátrica.

METODOLOGIA

Para a condução desta revisão sistemática, foi adotado o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). As bases de dados PubMed, Scielo e Web of Science foram selecionadas para realizar a busca dos estudos

relevantes. Os descritores utilizados foram: "cirurgia robótica", "tumores", "crianças", "neoplasias pediátricas" e "cirurgia minimamente invasiva".

Os critérios de inclusão adotados foram os seguintes estudos publicados nos últimos 10 anos, focados na utilização da cirurgia robótica no tratamento de tumores em crianças, disponíveis em inglês, espanhol ou português, artigos que relataram resultados cirúrgicos específicos em pacientes pediátricos e com metodologia claramente descrita.

Por outro lado, os critérios de exclusão foram estudos que não envolviam pacientes pediátricos, artigos que não abordavam a cirurgia robótica como intervenção principal, estudos que não estavam disponíveis em idiomas acessíveis para a equipe de pesquisa, revisões sistemáticas e estudos que não relataram resultados cirúrgicos específicos em crianças.

A seleção dos estudos seguiu uma abordagem sistemática, com dois revisores realizando de forma independente a triagem inicial dos títulos e resumos dos artigos identificados na busca. Posteriormente, foram selecionados 13 artigos e avaliados na íntegra para confirmar sua adequação aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Qualquer discordância foi resolvida por consenso ou por consulta a um terceiro revisor, quando necessário.

Após a seleção dos estudos, os dados relevantes foram extraídos e sintetizados de acordo com os objetivos da revisão. Foram considerados aspectos como características dos pacientes, tipos de tumores, procedimentos cirúrgicos realizados, resultados clínicos e complicações pós-operatórias.

Por fim, os resultados foram analisados e interpretados para fornecer uma visão abrangente sobre a eficácia, segurança e potenciais limitações da cirurgia robótica para tumores em crianças, contribuindo para a compreensão atual do tema e identificando áreas para futuras pesquisas.

RESULTADOS

A precisão cirúrgica é um dos pilares fundamentais da cirurgia robótica para tumores em crianças. Por meio de sistemas robóticos avançados, os cirurgiões são capazes de realizar intervenções com uma exatidão milimétrica, possibilitando a remoção completa e precisa dos tumores, enquanto minimizam danos aos tecidos circundantes. Esse alto nível de precisão é crucial, especialmente em áreas anatomicamente complexas, como o cérebro e a

medula espinhal, onde até mesmo pequenos desvios podem ter consequências significativas. A capacidade de realizar procedimentos com tal grau de precisão confere à cirurgia robótica uma vantagem distintiva sobre as abordagens convencionais, permitindo uma intervenção cirúrgica mais segura e eficaz.

No que diz respeito à minimização do trauma, a cirurgia robótica destaca-se pela sua capacidade de realizar procedimentos com incisões mínimas. Ao contrário das técnicas tradicionais de cirurgia aberta, que geralmente requerem incisões maiores e causam mais trauma aos tecidos circundantes, a abordagem robótica utiliza incisões menores, reduzindo significativamente o trauma cirúrgico. Isso resulta em menor dor pós-operatória para as crianças submetidas ao procedimento, além de contribuir para um tempo de recuperação mais rápido e uma menor incidência de complicações. A minimização do trauma é crucial não apenas para o conforto imediato do paciente, mas também para a sua recuperação global e qualidade de vida após a cirurgia.

A visualização avançada proporcionada pela cirurgia robótica para tumores em crianças é uma característica essencial dessa abordagem cirúrgica. Por meio de sistemas de câmeras de alta definição e aumento de imagem, os cirurgiões têm acesso a uma visualização detalhada do campo cirúrgico, permitindo a identificação precisa do tumor e dos tecidos circundantes. Essa visualização aprimorada é fundamental para o sucesso do procedimento, pois permite aos cirurgiões navegar com precisão em áreas delicadas e complexas, como o cérebro e a medula espinhal, evitando danos aos tecidos saudáveis. Além disso, a visualização avançada facilita a detecção de tumores de pequeno porte ou localizados em áreas de difícil acesso, que poderiam passar despercebidos em cirurgias convencionais. Isso contribui para uma remoção mais completa do tumor e, conseqüentemente, para melhores resultados cirúrgicos e prognósticos para as crianças.

A melhoria da qualidade de vida das crianças após a cirurgia robótica para tumores é um benefício significativo dessa modalidade terapêutica. A recuperação mais rápida e suave associada à cirurgia robótica permite que as crianças retomem suas atividades cotidianas mais rapidamente, reduzindo o impacto físico e emocional do tratamento. Isso não apenas promove o bem-estar imediato dos pacientes, mas também tem impactos positivos a longo prazo em sua saúde e qualidade de vida. Além disso, a menor incidência de complicações pós-operatórias associadas à cirurgia robótica contribui para uma experiência cirúrgica mais positiva para as crianças e suas famílias, reduzindo a necessidade de hospitalizações

prolongadas e visitas médicas adicionais. Assim, a melhoria da qualidade de vida das crianças após a cirurgia robótica destaca-se como um aspecto crucial dessa abordagem terapêutica.

A redução de complicações é um aspecto crucial e distintivo da cirurgia robótica para tumores em crianças. A menor invasividade da abordagem robótica, aliada à precisão milimétrica oferecida pelos sistemas robóticos, contribui significativamente para a diminuição do risco de complicações pós-operatórias. Comparada à cirurgia aberta, que muitas vezes envolve incisões maiores e mais trauma aos tecidos circundantes, a cirurgia robótica resulta em menos danos aos órgãos e estruturas adjacentes, reduzindo a probabilidade de complicações, como sangramento excessivo, infecções e lesões nervosas. Além disso, a menor incidência de complicações pós-operatórias está associada a um tempo de recuperação mais rápido e a uma menor necessidade de intervenções médicas adicionais, promovendo assim uma experiência cirúrgica mais positiva para as crianças e suas famílias.

Outro ponto relevante é que a redução de complicações também tem impactos significativos nos custos de saúde associados ao tratamento de tumores em crianças. Ao minimizar o risco de complicações pós-operatórias, a cirurgia robótica pode reduzir a necessidade de hospitalizações prolongadas, reoperações e tratamentos adicionais, resultando em economias substanciais para o sistema de saúde. Além disso, a recuperação mais rápida dos pacientes pode permitir uma transição mais rápida para cuidados pós-operatórios ambulatoriais, reduzindo ainda mais os custos associados ao tratamento. Dessa forma, a redução de complicações não apenas melhora os resultados clínicos e a qualidade de vida das crianças, mas também oferece benefícios econômicos significativos para os sistemas de saúde.

A acessibilidade da cirurgia robótica para tumores em crianças tem se expandido significativamente nos últimos anos, à medida que a tecnologia robótica se torna mais amplamente disponível e os custos associados à sua utilização diminuem. Inicialmente restrita a grandes centros médicos e hospitais acadêmicos, a cirurgia robótica agora está se tornando mais acessível em uma variedade de configurações clínicas, incluindo hospitais regionais e comunitários. Isso se deve em parte aos avanços na tecnologia robótica, que tornaram os sistemas robóticos mais compactos, acessíveis e fáceis de usar. Além disso, a crescente familiaridade dos cirurgiões com a tecnologia robótica e o desenvolvimento de programas de treinamento especializado têm contribuído para aumentar a acessibilidade da

cirurgia robótica pediátrica. Como resultado, mais crianças têm acesso a tratamentos cirúrgicos avançados e menos invasivos para tumores, independentemente de sua localização geográfica ou contexto socioeconômico.

Quanto à aplicabilidade ampla da cirurgia robótica para tumores em crianças, essa abordagem terapêutica é adequada para uma variedade de neoplasias pediátricas, abrangendo desde tumores cerebrais até tumores abdominais e torácicos. A versatilidade dos sistemas robóticos permite aos cirurgiões adaptar a técnica para atender às necessidades específicas de cada paciente e tipo de tumor. Por exemplo, a cirurgia robótica é frequentemente utilizada para tumores localizados em áreas delicadas ou de difícil acesso, como o trato gastrointestinal ou a base do crânio, onde a precisão e destreza oferecidas pelos sistemas robóticos são particularmente benéficas. Além disso, a cirurgia robótica pode ser combinada com outras modalidades de tratamento, como quimioterapia e radioterapia, para oferecer uma abordagem abrangente e multimodal ao tratamento de tumores pediátricos. Essa ampla aplicabilidade da cirurgia robótica a uma variedade de tumores pediátricos destaca sua importância como uma opção terapêutica versátil e eficaz.

O avanço contínuo da tecnologia robótica contribui significativamente para o aprimoramento da cirurgia robótica para tumores em crianças. Novas gerações de sistemas robóticos estão sendo desenvolvidas com recursos aprimorados, como maior precisão, melhor visualização e maior capacidade de manobra. Esses avanços permitem aos cirurgiões realizar procedimentos cada vez mais complexos com maior segurança e eficácia. Além disso, a integração de tecnologias como inteligência artificial e realidade aumentada está ampliando ainda mais as capacidades dos sistemas robóticos, oferecendo novas ferramentas e recursos para auxiliar os cirurgiões durante os procedimentos. Essa constante inovação na tecnologia robótica promete melhorar ainda mais os resultados da cirurgia robótica para tumores em crianças, tornando-a uma opção terapêutica ainda mais atraente e eficaz.

A importância da equipe multidisciplinar na cirurgia robótica para tumores em crianças é indiscutível. Cirurgiões, oncologistas, radiologistas e técnicos especializados em robótica trabalham em conjunto para planejar e executar os procedimentos cirúrgicos com sucesso. Cada membro da equipe desempenha um papel único e crucial, contribuindo com seus conhecimentos e habilidades para garantir o melhor resultado possível para o paciente. A colaboração entre diferentes especialidades permite uma abordagem abrangente e holística ao tratamento de tumores pediátricos, garantindo que todas as necessidades clínicas e

cirúrgicas sejam atendidas de maneira adequada. Além disso, a equipe multidisciplinar proporciona um ambiente de trabalho colaborativo e estimulante, onde ideias e experiências são compartilhadas, promovendo o aprendizado contínuo e a inovação na área da cirurgia robótica pediátrica.

A necessidade de pesquisa futura na cirurgia robótica para tumores em crianças é uma questão premente, pois mesmo com os avanços tecnológicos e clínicos, ainda há lacunas a serem preenchidas e desafios a serem superados. Uma área importante para investigação futura é a avaliação da eficácia a longo prazo da cirurgia robótica em crianças, incluindo a análise de desfechos a longo prazo, como a sobrevida livre de doença e a qualidade de vida após o tratamento. Além disso, são necessários estudos que comparem diretamente a cirurgia robótica com outras modalidades de tratamento, como a cirurgia aberta e a cirurgia laparoscópica, para determinar as vantagens e desvantagens de cada abordagem em termos de resultados clínicos, custos e satisfação do paciente.

Outro ponto importante para pesquisa futura é o desenvolvimento de diretrizes claras e protocolos padronizados para a utilização da cirurgia robótica em crianças com tumores. Isso inclui a definição de critérios de seleção de pacientes, protocolos de avaliação pré-operatória e acompanhamento pós-operatório, bem como diretrizes para treinamento e certificação de cirurgiões em cirurgia robótica pediátrica. Além disso, são necessários estudos que investiguem os fatores que influenciam os resultados da cirurgia robótica em crianças, como a experiência do cirurgião, as características do tumor e a tecnologia robótica utilizada. Ao abordar essas questões, a pesquisa futura pode fornecer uma base sólida para o aprimoramento contínuo da cirurgia robótica para tumores em crianças, garantindo assim que essa modalidade terapêutica continue a evoluir e a beneficiar os pacientes pediátricos.

CONCLUSÃO

Em suma, a cirurgia robótica para tumores em crianças representa uma modalidade terapêutica altamente eficaz e promissora. Estudos científicos demonstraram que essa abordagem oferece uma precisão cirúrgica excepcional, minimizando o trauma aos tecidos circundantes e reduzindo o risco de complicações pós-operatórias. Além disso, a visualização avançada proporcionada pelos sistemas robóticos permite uma detecção mais precisa de tumores e uma remoção mais completa dos mesmos. A menor invasividade da cirurgia

robótica também contribui para uma recuperação mais rápida e uma melhoria significativa na qualidade de vida das crianças após o tratamento.

Ademais, a acessibilidade crescente da cirurgia robótica, juntamente com os avanços contínuos na tecnologia robótica, ampliam ainda mais o potencial dessa abordagem terapêutica. No entanto, são necessárias mais pesquisas para avaliar a eficácia a longo prazo da cirurgia robótica em crianças e estabelecer diretrizes claras para sua aplicação clínica. O desenvolvimento de protocolos padronizados e diretrizes de seleção de pacientes pode garantir que a cirurgia robótica seja utilizada de forma eficaz e segura, maximizando os benefícios para os pacientes pediátricos. Em última análise, a cirurgia robótica para tumores em crianças representa um avanço significativo na medicina, oferecendo esperança e melhores resultados para crianças enfrentando essa condição desafiadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PETRILLI AS, Luisi FAV. IN TIME: WHAT IS THE STATUS OF THE CARE GIVEN TO CHILDREN WITH CANCER?. IN TIME: COMO ESTÁ O ATENDIMENTO DA CRIANÇA COM CÂNCER?. *Rev Paul Pediatr.* 2018;36(3):252-253. doi:10.1590/1984-0462/;2018;36;3;00019.
2. FERNÁNDEZ-Teijeiro Álvarez A. Cáncer en los primeros 18 meses de vida [Cancer in the first 18 months of life]. *An Pediatr (Engl Ed).* 2020;93(6):355-357. doi:10.1016/j.anpedi.2020.09.017.
3. El Moukhtari SH, Garbayo E, Fernández-Teijeiro A, Rodríguez-Nogales C, Couvreur P, Blanco-Prieto MJ. Nanomedicines and cell-based therapies for embryonal tumors of the nervous system. *J Control Release.* 2022;348:553-571. doi:10.1016/j.jconrel.2022.06.010.
4. BOLOIX A, París-Coderch L, Soriano A, et al. Nuevas estrategias terapéuticas para el neuroblastoma basadas en el uso de microRNAs [Novel micro RNA-based therapies for the treatment of neuroblastoma]. *An Pediatr (Barc).* 2016;85(2):109.e1-109.e6. doi:10.1016/j.anpedi.2015.07.016.
5. CAMARENA-Vielma L, Lona-Reyes JC, Vázquez-Bojórquez MS, et al. Implementation of the Pediatric Index of Mortality 3 and the pediatric Sequential Organ Failure Assessment in an intensive care unit in Mexico. Aplicación del índice de mortalidad pediátrica 3 y evaluación de falla orgánica secuencial pediátrica en una unidad de cuidados intensivos en México. *Arch Argent Pediatr.* 2022;120(5):332-335. doi:10.5546/aap.2022.eng.332.
6. MORRELL ALG, Morrell-Junior AC, Morrell AG, et al. The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality. *Rev Col Bras Cir.* 2021;48:e20202798. Published 2021 Jan 13. doi:10.1590/0100-6991e-20202798.

7. ELMOR TR, Rubinstein M, Lima G, Cruz AC, Pereira CF, Rubinstein I. Minimally invasive treatment of vesicourethral leak after laparoscopic radical prostatectomy. *Rev Col Bras Cir.* 2016;43(3):185-188. doi:10.1590/0100-69912016003011.
7. POFFO R, Toschi AP, Pope RB, et al. Robotic cardiac surgery in Brazil. *Ann Cardiothorac Surg.* 2017;6(1):17-26. doi:10.21037/acs.2017.01.01.
8. POFFO R, Celullare AL, Pope RB, Toschi AP. Robotic assisted minimally invasive surgery for atrial septal defect correction. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012;27(3):488-490. doi:10.5935/1678-9741.20120083.
9. CARNEIRO A, Andrade GM. Technology description, initial experience and first impression of HUGO™ RAS robot platform in urologic procedures in Brazil. *Int Braz J Urol.* 2023;49(6):763-774. doi:10.1590/S1677-5538.IBJU.2023.9910
10. GOMES MTV, Costa Porto BTD, Parise Filho JP, Vasconcelos AL, Bottura BF, Marques RM. Safety Model for the Introduction of Robotic Surgery in Gynecology. Modelo de segurança para a introdução da cirurgia robótica em ginecologia. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2018;40(7):397-402. doi:10.1055/s-0038-1655746.
11. BOTTURA B, Porto B, Moretti-Marques R, et al. Surgeon experience, robotic perioperative outcomes, and complications in gynecology. *Rev Assoc Med Bras (1992).* 2022;68(11):1514-1518. Published 2022 Nov 28. doi:10.1590/1806-9282.20220113.
12. BARR RD, Antillón Klusmann F, Baez F, et al. Asociación de Hemato-Oncología Pediátrica de Centro América (AHOPCA): a model for sustainable development in pediatric oncology. *Pediatr Blood Cancer.* 2014;61(2):345-354. doi:10.1002/pbc.24802.