

Cirurgia cardíaca robótica e o advento do 5G: uma revisão

Robotic heart surgery and the advent of 5G: a review

Carlos Alexandre Gomes Passarinho Menezes¹ <https://orcid.org/0000-0003-1193-2260>
 Bruna Gontijo Peixoto Pimenta¹ <https://orcid.org/0009-0002-7323-3457>
 Bruna Rafaela Sodrê Simões¹ <https://orcid.org/0009-0003-7990-7579>
 Mario Ney Souza de Figueira Neto² <https://orcid.org/0009-0001-9163-3238>
 Laís Pioli Righeti Rodrigues¹ <https://orcid.org/0000-0003-1849-5470>
 Thiago Gomes de Oliveira² <https://orcid.org/0009-0003-3235-8277>
 Luciana Rodrigues de Araújo³ <https://orcid.org/0009-0001-1446-2631>
 Anna Luiza Staianov Mitani¹ <https://orcid.org/0009-0002-1101-2958>
 Maria Paula Maciel Nogueira¹ <https://orcid.org/0009-0009-7023-6872>
 Sophia Aguiar Sgotti¹ <https://orcid.org/0000-0003-4370-9055>

Artigo de revisão

Como Citar

Menezes CAGP, Pimenta BGP, Simões BRS, Figueira Neto MNS, Rodrigues LPR, Oliveira TG, Araújo LR, Mitani ALS, Nogueira MPM, Sgotti SA. Cirurgia cardíaca robótica e o advento do 5G: uma revisão. Rev Científica Integrada 2024, 7(1):e202403. DOI: <https://doi.org/10.59464/2359-4632.2024.3274>

Conflito de interesses

Não há conflito de interesses.

Submetido em: 16/04/2023

Aceito em: 15/12/2023

Publicado em: 15/02/2024

¹Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP). Guarujá, São Paulo, Brasil.

²Centro Universitário do Estado do Pará (CESUPA). Belém, Pará, Brasil.

³Centro Universitário Metropolitano da Amazônia (UNIFAMAZ). Belém, Pará, Brasil.

Autor correspondente

Carlos Alexandre Gomes Passarinho Menezes
 adv.alexandremenezes@gmail.com

Revista Científica Integrada (ISSN 2359-4632)

<https://revistas.unaerp.br/rci>

RESUMO

Objetivo: avaliar a aplicação da cirurgia cardíaca robótica e as oportunidades com a aplicação do 5G. **Método:** trata-se uma revisão da literatura, conduzida no PUBMED/MEDLINE, pelos descritores: “Cirurgia torácica”, “Procedimentos Cirúrgicos Robóticos”, “Cardiologia” e “Internet” separados pelo operador booleano AND. O processo de seleção foi composto por quatro etapas: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão contemplando em 18 artigos. **Resultados:** identificou-se que houve um aumento na utilização da cirurgia cardíaca robótica por causa do menor trauma cirúrgico, menor tempo de internação sem complicações, ganho funcional com retorno mais precoce às atividades diárias e ganho estético secundário, bem como à percepção de maior satisfação do paciente. Com o 5G, há possibilidade que os efeitos desse tipo de cirurgia transcendam para um melhor nível na qualidade e acesso. **Conclusão:** a robótica melhorou significativamente o campo cirúrgico da cardiologia. Os avanços mudaram algoritmos terapêuticos tradicionais, sendo viável e eficaz. O 5G é uma oportunidade de progredir nas técnicas robóticas, democratizar conhecimento e acesso, ainda que necessite de uma logística e expertise técnica. Não há quantidade de estudos práticos adequado para realizar uma avaliação da sua aplicabilidade. **Palavras-chave:** Procedimentos cirúrgicos robóticos; Cardiologia; Cirurgia torácica; Internet.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the application of robotic heart surgery and the opportunities with the application of 5G. **Method:** this is a literature review, conducted in PUBMED/MEDLINE, using the descriptors: “Thoracic Surgery”, “Robotic Surgical Procedures”, “Cardiology” and “Internet” separated by the Boolean operator AND. The selection process consisted of four stages: identification, selection, eligibility, and inclusion comprising 18 articles. **Results:** it was identified that there was an increase in the use of robotic heart surgery due to less surgical trauma, shorter hospitalization time without complications, functional gain with earlier return to daily activities and secondary aesthetic gain, as well as the perception of greater satisfaction of the patient. With 5G, there is a possibility that the effects of this type of surgery will transcend to a better level of quality and access. **Conclusion:** robotics has significantly improved the surgical field of cardiology. Advances have changed traditional therapeutic algorithms, making them viable and effective. 5G is an opportunity to progress in robotic techniques, democratize knowledge and access, even if it requires logistics and technical expertise. There is no adequate number of practical studies to assess its applicability.

Keywords: Robotic surgical procedures; Cardiology; Thoracic surgery; Internet.

Introdução

A tecnologia auxilia o dia a dia do ser humano e consequentemente é usada no desenvolvimento de bens e serviços. Esse avanço também não é diferente na área da saúde. Robôs já são utilizados em procedimentos cirúrgicos há anos. Um dos primeiros dispositivos utilizados em cirurgia foi o precursor do *Neuromate* - aprovado em 1999 pela *Food and Drug Administration* (FDA) - criado para realizar biópsia cerebral estereotáxica com precisão de 0,05 mm (HOCKSTEIN et al., 2007).

No início de sua utilização, os robôs tinham como função auxiliar tarefas básicas. Um exemplo é o suporte hospitalar *Helpmate Pyxis Corp* que movimenta o transporte de medicamentos, alimentos, utensílios e outros equipamentos. Já os robôs RX e AHC, ambos da empresa McKesson de São Francisco, nos Estados Unidos, são projetados para preparar medicamentos para aplicação enteral e parenteral (SOUZA, 2005).

No entanto, esses dispositivos avançaram e, atualmente, também são utilizados em procedimentos mais complexos, como cirurgias. Alguns modelos são importantes e podem se tornar essenciais na prática médica futura, como o *AESOP Robotic Surgical System (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning)*, construído pela empresa *Computer Motion Inc.* (SOUZA, 2005). Evoluindo um pouco mais no campo da cirurgia, foi a inserção da telerobótica, ao desenvolver o Sistema Cirúrgico *DaVinci®*, no qual o cirurgião realiza o procedimento por meio de um console (ou dois consoles quando realizado por dois cirurgiões), que controla três ou quatro braços mecânicos remotamente (SIQUEIRA-BATISTA, 2016) e o sistema cirúrgico *Zeus*, que possibilitou a realização de procedimento em paciente que se encontrava em um país diferente do médico-cirurgião.

Desde os primeiros procedimentos, muito se tem discutido sobre sua viabilidade, segurança e, principalmente, seus resultados (SURI et al., 2012). Assim, muitos centros médicos se envolveram no uso dessa modalidade e diante dos benefícios propostos e alcançados foram cada vez mais implementados em outras especialidades, sendo a cardiologia uma delas.

O Brasil, o maior país e economia da América do Sul, é um importante força motriz por trás do desenvolvimento de novas tecnologias médicas na região. A cirurgia cardíaca robótica (CCR) vem evoluindo rapidamente desde 2010, quando foi realizada a primeira cirurgia com o sistema robótico *DaVinci®*, na América Latina (POFFO et., 2017). Essa tecnologia foi aplicada a muitos procedimentos

cirúrgicos cardíacos, como reparo da válvula mitral (MVP), e enxerto de revascularização do miocárdio totalmente endoscópico (MODI et al., 2009).

A cirurgia cardíaca evoluiu para procedimentos menos traumáticos, a exemplo da minimamente invasiva, que oferece aos pacientes o mesmo nível de excelência alcançado com a cirurgia aberta, ajudando os cirurgiões a terem um desempenho ainda melhor em reparos ou reconstruções cardíacas (SIERRA et al., 2017).

O acesso generalizado a informações médicas, por meio da internet, amplia a vontade dos pacientes por métodos menos invasivos. Essa mesma internet estende exponencialmente o avanço e oportunidades desses procedimentos. É assim que o 5G vira protagonista no âmbito da saúde. Com a conexão 5G, a latência é diminuída drasticamente ao ponto de se tornar praticamente uma resposta virtual instantânea tendo potencial de transformação imensurável, em especial a telecirurgia. Porém, como é uma utilidade nova faz-se necessária uma melhor compreensão sobre o tema. Portanto, esse estudo teve como objetivo avaliar a aplicação da CCR e as oportunidades com a aplicação do 5G.

Métodos

Trata-se de uma revisão da literatura, realizada em abril de 2023, conforme os critérios estabelecidos pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) (EQUATOR NETWORK, 2020). Para a busca, utilizou-se a PUBMED/MEDLINE. Não houve restrição no tipo de estudo. Os descritores (DeCS/MeSH) utilizados foram “Cirurgia torácica”, “Procedimentos Cirúrgicos Robóticos”, “Cardiologia” e “Internet”. Sendo empregadas sob a forma das strings de busca: “Cirurgia torácica” AND “Procedimentos Cirúrgicos Robóticos” AND “Cardiologia” AND “Internet”, “Procedimentos Cirúrgicos Robóticos” AND “Cardiologia” e “Procedimentos Cirúrgicos Robóticos” AND “Internet”. Foram utilizados artigos publicados em inglês e português, dos últimos cinco anos.

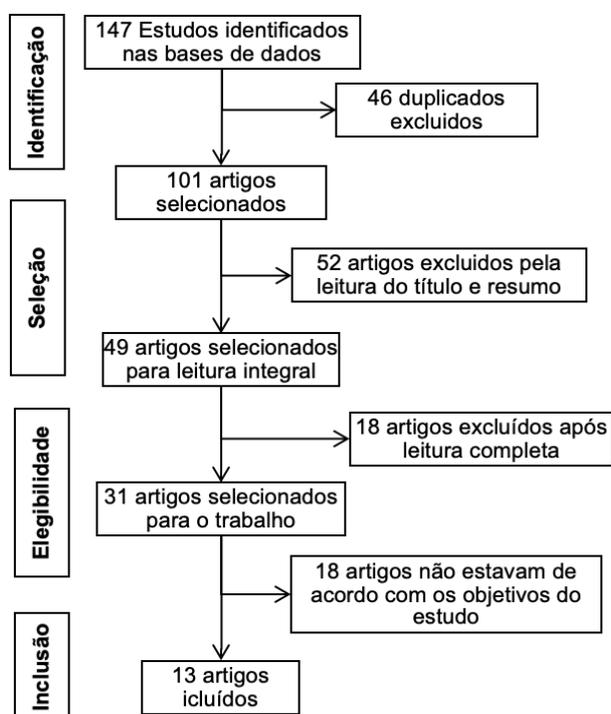
Houve a inclusão de trabalhos que apresentassem relação de procedimentos cirúrgicos robóticos, cardiologia e o uso de internet 5G, bem como o uso da CCR ao longo da história, reflexão da conexão 5G na área da saúde e investigação das dificuldades de sua implementação.

A seleção dos artigos foi feita, inicialmente, pela leitura dos títulos e resumo, em que se avaliou a pertinência no assunto. Depois, cada um deles foi lido

integralmente. Em seguida, os dados foram analisados por meio de uma avaliação crítica e os considerados pertinentes, de acordo com os objetivos do estudo, foram incluídos. Esse processo foi composto por quatro etapas: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão.

Durante a fase de rastreamento de trabalhos nas bases de dados e filtros selecionados, foi identificado um total de 147 artigos, restando, após exclusão dos duplicados e demais critérios, 101 publicações (como está evidenciado na figura 1). Esses artigos, por sua vez, tiveram seus resumos lidos e analisados, sendo 49 rastreados e após leitura completa restaram 31. Por fim, após avaliação crítica de elegibilidade foram excluídos 18 artigos, logo, houve 13 artigos inclusos.

Figura 1. Fluxograma PRISMA.



Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Resultados

O estudo reuniu 13 trabalhos caracterizando a relação da CCR com a cardiologia, bem como abordagens referentes ao uso da conexão 5G, suas vantagens e desafios, conforme exposto no Quadro 1 (ao final do artigo).

Discussão

A cirurgia minimamente invasiva assistida por robô, com campo visual tridimensional de alta

definição e instrumentos microarticulados muito sofisticados têm influenciado de forma marcante o cenário da cirurgia minimamente invasiva. Vários estudos têm demonstrado sua eficácia e segurança em diferentes especialidades médicas (BUSH et al., 2013).

Um aumento na participação dos grandes centros com a robótica tem sido observado ao longo desses anos de desenvolvimento. Um dos motivos fundamentais para essa motivação é o menor trauma cirúrgico. Outras características da técnica são o menor tempo de internação associado à percepção de maior satisfação do paciente e retorno mais precoce às suas atividades sociais e profissionais em comparação aos procedimentos abertos convencionais (SURI, et al., 2012). O reconhecimento das vantagens substanciais resultou na ampliação do uso da ferramenta em procedimentos cirúrgicos cardíacos. Sincronicamente, os avanços tecnológicos em óptica, instrumentação e tecnologia de perfusão facilitaram a cirurgia cardíaca robótica totalmente endoscópica de rotina usando o sistema de telemanipulação DaVinci® (Intuitive Surgical Inc.) (MODI et al., 2009).

A utilização da cirurgia cardíaca minimamente invasiva via minitoracotomia foi, por muitos anos, limitada pela necessidade de visualização direta do coração e pelo uso de instrumentos inapropriados. Com a incorporação de técnicas videoassistidas, tem se mostrado seguro e eficaz em diferentes situações cirúrgicas (BUSH et al., 2013).

É possível observar no estudo de Poffo et al., (2013) e na revisão sistemática sobre o papel da robótica na cirurgia cardíaca de Doulamis et al. (2019) que os achados demonstram que a aplicação da robótica em cirurgia cardíaca tem proporcionado uma alternativa segura e eficaz às técnicas tradicionais.

Nessa série de casos, a técnica robótica foi utilizada para correção de septo, que apresentaram curto período de internação e sem complicações, ganho funcional com retorno mais precoce às atividades diárias e ganho estético secundário. Foi realizado casos de tumores intracardíacos que permitiu a ressecção completa das massas sem necessidade de esternotomia. Além disso, um ponto positivo, é que a obesidade (IMC>32kg/m²) não foi fator de contraindicação, pelo contrário permitiu a mobilização precoce do paciente que pode sair do leito e deambular nas primeiras 24 horas.

Nos três casos de revascularização do miocárdio totalmente endoscópica, a artéria torácica interna esquerda foi utilizada para revascularizar a artéria descendente anterior esquerda. Os resultados

obtidos foram comparáveis aos da literatura (LEE et al., 2013). Os pacientes tiveram evolução pós-operatória sem intercorrências e todos receberam alta no segundo dia de pós-operatório.

O tempo operatório relativamente mais longo dos procedimentos assistidos por robótica não está relacionado ao aumento da morbidade ou complicações. Nesta série de casos, observou-se um curto tempo de internação ($5,59 \pm 3,78$ dias), além de um tempo de intubação ($7,52 \pm 15,2$ horas) e de internação em unidade de terapia intensiva ($1,67 \pm 1,46$ dias) muito curtos (POFFO et al., 2013).

Ao comparar os tempos operatórios, a cirurgia cardíaca robótica apresentou tempos prolongados quando comparada com a esternotomia, talvez refletindo a complexidade e a curva de aprendizado associada a essa nova tecnologia. Charland et al. (2011), estabeleceram que essa curva de aprendizado pode ser superada com planejamento adequado, ganho de volume cirúrgico e experiência, sendo ambas as abordagens eventualmente comparáveis em duração (SURI et al., 2015). Além disso, teve uma tendência de queda nos últimos procedimentos operatórios, isso aconteceu pois o cirurgião evolui na curva de aprendizado.

Em relação ao tempo, observa-se na cirurgia extracorpórea e pinçamento não se relacionaram com maior morbidade ou complicações. Foi documentado, mais uma vez, menor tempo de permanência na UTI, bem como tempo total de internação. Além disso, a maioria dos pacientes foi extubada na sala de cirurgia.

A Quinta Geração ou 5G pode ser considerada como uma evolução da tecnologia 4G, uma integração das duas redes (5G e 4G) e um divisor de águas importante para as comunicações, com a proposta de banda larga fixa, possibilitando assim, conexões com altas taxas de troca de dados entre os usuários (LIMA, 2022). O uso da tecnologia 5G será adotado por diversos setores da economia, com destaque para as verticais da indústria: saúde, pecuária, educação, logística, entre outras. (AGÊNCIA BRASIL, 2020).

Assim, a nova geração aumenta significativamente a velocidade, cobertura e capacidade de resposta das redes sem fio, que pode ser executada a 100 vezes mais rápido que a conexão atual e chegar a uma latência (intervalo entre o envio de um comando e a resposta recebida) de 16 milissegundos. Isso possibilita que os efeitos da cirurgia robótica cardiológica transcendam para outro nível, tanto na qualidade quanto no alcance do acesso.

O uso de tecnologia e conexões cada vez mais rápidas certamente é imprescindível para o desenvolvimento de procedimentos mais precisos e menos invasivos. A quinta geração chegou justamente como um divisor de águas que poderá dispor na prática muitas ideias que não eram viáveis, além de otimizar algumas já existentes. Entre elas podemos destacar a possibilidade de o cirurgião cardiologista operar um paciente em tempo real de fora do centro cirúrgico, até mesmo estando em outra cidade ou do outro lado do mundo. Atualmente, esse procedimento é limitado com robôs e uso de rede local com o médico próximo ao paciente.

O 5G também tornar realidade a democratização dos procedimentos cardíacos, por meio de robôs, uma vez que pode aumentar o conhecimento e melhorar a qualificação dos cirurgiões, até mesmo disponibilizando treinamentos mais realísticos. Consequentemente essas vantagens se estenderão aos pacientes que terão tempo de recuperação e internação diminuídos.

Para a implementação total da ferramenta há desafios a serem enfrentados. Quando falamos da cirurgia cardiovascular a utilização de robôs limitam a imagem e a delicadeza dos instrumentos. No coração, em especial, acredita-se que a maior limitação resida no pericárdio significativamente calcificado, uma vez que os instrumentos robóticos são extremamente delicados e provavelmente seria difícil seccionar esses tecidos (POFFO et al., 2013).

As pontas dos instrumentos são telemanipuladas por meio de sete graus de liberdade ergonômica que permitem aos cirurgiões realizar reparos complexos da válvula mitral através de incisões de porta, fornecendo acesso a todo o aparelho subvalvar cordal, músculos papilares e toda a topografia do folheto (CHITWOOD et al., 2008). No entanto, nem sempre é possível reparar a válvula mitral, particularmente em válvulas gravemente calcificadas de origem reumática considerando irreparáveis e a substituição necessária (GAO et al., 2012).

Observa-se no Brasil que a adoção do sistema robótico tem sido desafio, na qual sua limitada aplicação clínica pode estar relacionada pela falta de treinamento específico e alto custo da tecnologia. Ainda são poucos centros médicos que dispõem da ferramenta e menos ainda da especialidade de cardiologia.

A nova geração de internet móvel, que já funciona na Alemanha, na China, nos Estados Unidos e no Japão (NEVES, 2022). Apesar da promessa do processo de adequação às leis do 5G até 2029 e instalação da rede nos próximos anos é fato que

depende muito das políticas públicas para alcançar essa meta. Devido a isso, pelos precedentes, é bem provável que não se cumpram essas metas, além de que hoje ainda há locais sem acesso ao 4G ou até mesmo nenhum tipo de conexão.

Por se tratar de um assunto recente e cheio de tabus, uma barreira ainda em discussão são as questões éticas e legais envolvidas, fazendo com que a implementação da ferramenta seja ainda mais burocrática.

Conclusão

A introdução do sistema robótico melhorou significativamente o campo cirúrgico da especialidade cardiovascular. A robótica confere mais precisão ao procedimento e permite a realização de cirurgias cardíacas com incisões ainda menores. Os avanços atuais em cirurgia cardíaca mudaram algoritmos terapêuticos tradicionais com mudanças de indicações e padrões de encaminhamento para tratamento cirúrgico.

As técnicas minimamente invasivas revolucionaram a cirurgia cardiotorácica, aumentando a satisfação do paciente e reduzindo o trauma cirúrgico, a permanência hospitalar e, conseqüentemente, os custos gerais. A literatura atual demonstra essa implementação na cardiologia é viável e eficaz.

A implementação tem sido um desafio pela falta de treinamento específico, quantidade de centros especializados, custos e políticas públicas. Essas técnicas cirúrgicas estão em mudança contínua e, obstáculos prejudicando o progresso não devem ser tolerados. A superação deles é fundamental para que a cirurgia cardíaca robótica, em breve, torne-se realidade.

Em relação a conexão de quinta geração, é uma oportunidade de avançar o desenvolvimento de técnicas robóticas, inclusive, democratizando conhecimento e acesso aos procedimentos. A diminuição da latência é um grande avanço na cirurgia minimamente invasiva cardiovascular que pode, inclusive, ser de maneira remota. Porém, esse ponto ainda deixa muitos cirurgiões receosos pois, mesmo que mínimo, há um *delay*.

Essa ferramenta ainda é muito nova, necessita de uma grande logística e expertise técnica, além disso, ainda não há quantidade de estudos adequado para realizar uma avaliação. Portanto, há necessidade de mais estudos práticos da aplicabilidade do 5G, mas que não pode ser empecilho para benefícios imensuráveis no setor da saúde cardiovascular.

Referências

AGÊNCIA BRASIL. 5G: o que é, características, benefícios, perspectivas, implantação no Brasil - Artigos - Indústria 4.0. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19695-5g-o-que-e-caracteristicas-beneficios-perspectivas-implantacao-no-brasil>. Acesso em: 2 fev. 2023.

ALEKSANDER DOKOLLARI et al. Robotic-Assisted vs Traditional Full-Sternotomy Coronary Artery Bypass Grafting Procedures. A propensity-Matched Analysis of Hospital Costs. *American Journal of Cardiology*, 1 nov. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2023.10.083>

BADWAR, V; WEI, L. M; COOK, C; HAYANGA, J. W; DAGGUBATI, R; SENGUPTA, P. P; RANKIN, J. S. Robotic aortic valve replacement. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 161, n. 5, p. 1753–1759, 1 maio 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.10.078>

BUSH, B.; NIFONG, L. W.; CHITWOOD, W. R. Robotics in Cardiac Surgery: Past, Present, and Future. *Rambam Maimonides Medical Journal*, v. 4, n. 3, 25 jul. 2013.

CENGIZ BOLCAL et al. Robotic-assisted beating heart mitral valve surgery: Preliminary report. *Journal of Cardiac Surgery*, v. 37, n. 12, p. 4790–4796, 6 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jocs.17124>

CHARLAND, P. J; ROBBINS, T; RODRIGUEZ, E; NIFONG, W. L; CHITWOOD JR, R. W. Learning curve analysis of mitral valve repair using telemanipulative technology. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 142, n. 2, p. 404–410, 1 ago. 2011.

CHENEY, A.; DEAN, L. S. Robotic PCI: Evolving from novel toward non-inferior. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, v. 93, n. 4, p. 618–619, 1 mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ccd.28172>

CHITWOOD JR, R; RODRIGUEZ, E; CHU, M. W; HASSAN, A; FERFUSON, B; VOS, P. W; NIFONG, L. W. Robotic mitral valve repairs in 300 patients: A single-center experience. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 136, n. 2, p. 436–441, 1 ago. 2008.

DOULAMIS, I. P. et al. The role of robotics in cardiac surgery: a systematic review. *Journal of Robotic*

Surgery, v. 13, n. 1, p. 41–52, 25 set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11701-018-0875-5>

DOULAMIS, I. P; SPARTALIS, E; MACHAIRAS, N; SCHIZAS, D; PATSOURAS, D; SPARTALIS, M; TSILIMIGRAS, D. L; MORIS, D. LLIPOULOS, D. C; TZANI, A; DIMITROULIS, D; NIKITEAS, N. L. The role of robotics in cardiac surgery: a systematic review. *Journal of Robotic Surgery*, v. 13, n. 1, p. 41–52, 25 set. 2018.

EQUATOR NETWORK, O PRISMA declaração de 2020: uma diretriz atualizada para relatar revisões sistemática, 2020. Disponível em: <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/prisma/>

GAO, C; YANG, M; XIAO, C; WANG, G; WU, Y; WANG, J; LI, J. Robotically assisted mitral valve replacement. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 143, n. 4, p. S64–S67, abr. 2012.

HOCKSTEIN, N. G; GOURIN, C. G; FAUSTO, R. A; TERRIS, D. J. A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *Journal of Robotic Surgery*, v. 1, n. 2, p. 113–118, 17 mar. 2007.

KOULAOUZIDIS, G. et al. Robotic-Assisted Solutions for Invasive Cardiology, Cardiac Surgery and Routine On-Ward Tasks: A Narrative Review. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, v. 10, n. 9, p. 399, 1 set. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jcdd10090399>

LEE, J. D; BONAROS, N; HONG, P. T; KOFLER, M; SRIVASTAVA, M; HERR, D. L; LEHR, E. J; BONATTI, J. Factors Influencing Hospital Length of Stay After Robotic Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass Grafting. *The Annals of Thoracic Surgery*, v. 95, n. 3, p. 813–818, mar. 2013.

LEGEZA, P; BRITZ, G. W; LOH, T; LUMSDEN, A. Current utilization and future directions of robotic-assisted endovascular surgery. *Expert Review of Medical Devices*, v. 17, n. 9, p. 919–927, 31 ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1814742>

LIMA, V. N. A tecnologia 5g e a indústria 4.0 no Brasil – Os desafios da indústria nacional. Monografia de graduação em engenharia de controle e Automação. Universidade Federal de Ouro Preto. [s.l: s.n.]. 2022. Disponível em:

https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/4136/6/MONOGRAFIA_Tecnologia5GInd%C3%BAstria.pdf.

MARCHEGANI, F. et al. New Robotic Platforms in General Surgery: What's the Current Clinical Scenario? *Medicina*, v. 59, n. 7, p. 1264, 1 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/medicina59071264>

MARTINELLO, N.; LOSHAK, H. Experiences with and Expectations of Robotic Surgical Systems: A Rapid Qualitative Review. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33074607/>

MODI, P.; RODRIGUEZ, E.; CHITWOOD, W. R. Robot-assisted cardiac surgery. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, v. 9, n. 3, p. 500–505, 19 jun. 2009.

NEVES, Ú. Qual será o potencial da conexão 5G na área da saúde? *Pebmed*. 2022. Disponível em: <https://pebmed.com.br/qual-sera-o-potencial-da-conexao-5g-na-area-da-saude/>. Acesso em: 2 fev. 2023.

PIKE, N. A.; GUNDRY, S. R. Robotically Assisted Cardiac Surgery. *The Journal of Cardiovascular Nursing*, v. 18, n. 5, p. 382–388, nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/00005082-200311000-00010>

POFFO, R; TOSCHI, A. P; POPE, R. B; CELULLARE, A. L; BENICIO, A; FISCHER, C. H; VIEIRA, M. C; TERRUYA, A; HATANAKA, D. M; RUSCA, G. F; MAKDISSE, M. R. Robotic surgery in Cardiology: a safe and effective procedure. *Einstein*, v. 11, n. 3, p. 296–302, 2013.

POFFO, R; TOSCHI, A. P; POPE, R. B; MONTANHESI, P. K; SANTOS, R. S; TERUYA, A; HATANAKA, D. M; RUSCA, G. F; FISCHER, C. H; VIEIRA, M. C; MAKDISSE, M. R. Robotic cardiac surgery in Brazil. *Annals of Cardiothoracic Surgery*, v. 6, n. 1, p. 17–26, jan. 2017.

SIERRA, J. et al. Robotic cardiac surgery. *Revue Medicale Suisse*, v. 13, n. 552, p. 511–513, 1 mar. 2017. SIQUEIRA-BATISTA, R; SOUZA, C. R; MAIA, P. M; SIQUEIRA, S. L. Robotic surgery: bioethical aspects. *Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)*, v. 29, n. 4, p. 287–290, dez. 2016.

SOUZA, F. J. A. M. Robótica - Cap. 5: Robôs na Medicina. Universidade da Beira Interior; 2005.

Disponível em:
<https://www.yumpu.com/pt/document/read/8699484/robotica-5-robos-na-medicina-ubi>. Acesso em: 2 fev. 2023.

STEVENSON, A. et al. Robotic-Assisted PCI: The Future of Coronary Intervention? Cardiovascular Revascularization Medicine: Including Molecular Interventions, v. 35, p. 161–168, 1 fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2021.03.025>

SULTAN, I. et al. Medical Students' Attitude Towards Robotic Surgery: A Cross-Sectional Survey. Journal of Medical Education and Curricular Development, v. 9, p.1-9, jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/23821205211066483>

SURI, R. M; ANTIEL, R. M BURKHART, H; HUEBNER, M; LI, Z; ETON, D. T; TOPILSKY, T; SARANO, M. E; SCHAFF, H. V. Quality of Life After Early Mitral Valve Repair Using Conventional and Robotic Approaches. The Annals of Thoracic Surgery, v. 93, n. 3, p. 761–769, mar. 2012.

SURI, R. M; TAGGARSE, A; BURKHART, H. M; DALY, R. C; MAUERMANN, W; NISHIMURA, R. A; LI, ZHUO; DEARANI, J. A; MICHELENA, H. L; SARANO, M. E. Robotic Mitral Valve Repair for Simple and Complex Degenerative Disease: Midterm Clinical and Echocardiographic Quality Outcomes. Circulation, v. 132, n. 21, p. 1961–1968, 24 nov. 2015.

TENG, R.; DING, Y.; SEE, K. C. Use of Robots in Critical Care: Systematic Review. Journal of Medical Internet Research, v. 24, n. 5, 16 maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2196/33380>

Contribuições dos autores

Todos os autores foram responsáveis pela concepção, redação e aprovação da versão final do artigo.

Editor-chefe

José Claudio Garcia Lira Neto

Copyright © 2024 Revista Científica Integrada.

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença Creative Commons CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. É recomendada para maximizar a disseminação e uso dos materiais licenciados.

Quadro 1. Síntese dos achados. Guarujá, SP, Brasil, 2023.

Nº	Título	Ano	Principais Resultados
1	Robotic aortic valve replacement	2021	A substituição cirúrgica robótica da válvula aórtica usando uma técnica de 4 braços facilitada por uma incisão de trabalho lateral de toracotomia minimamente invasiva pode ampliar o arsenal atual de cirurgias robóticas e minimamente invasivas, ao mesmo tempo em que potencialmente aborda as lacunas de manejo existentes de TAVR de baixo risco versus SAVR.
2	Current utilization and future directions of robotic-assisted endovascular surgery	2020	Esta técnica o operador pode realizar múltiplas etapas de intervenções endovasculares fora do campo de radiação com movimentos de alta precisão, mesmo em longas distâncias geográficas
3	Robotic-Assisted Solutions for Invasive Cardiology, Cardiac Surgery and Routine On-Ward Tasks: A Narrative Review	2023	A aceitação da tecnologia robótica entre os prestadores de cuidados de saúde e entre os pacientes abre caminho para uma aplicação clínica generalizada no campo da medicina cardiovascular. No entanto, a incorporação de sistemas robóticos está associada a algumas desvantagens, incluindo altos custos
4	Experiences with and Expectations of Robotic Surgical Systems: A Rapid Qualitative Review	2020	OR S introduziu novos desafios e responsabilidades adicionais para as equipes cirúrgicas em um ambiente de trabalho já desafiador e multifacetado. Os desafios do RS estão relacionados ao equipamento complexo e altamente técnico envolvidos posicionamento do paciente; a longa duração do procedimento e a separação do cirurgião primário do paciente
5	Robotic-Assisted PCI: The Future of Coronary Intervention?	2021	A intervenção coronária percutânea robótica (R-ICP) tem se mostrado altas taxas de sucesso. Porém há advertências e continua a ser uma tecnologia nova e ainda não se tornou comum nos laboratórios de cateterismo cardíaco; no entanto, com o aumento dos dados de segurança e viabilidade emergentes, é possível que a R-PCI possa fazer parte da prática padrão no futuro.
6	Robotic-Assisted Versus Traditional Full-Sternotomy Coronary Artery Bypass Grafting Procedures: A Propensity-Matched Analysis of Hospital Costs	2023	Em uma prática madura, a cirurgia de revascularização do miocárdio assistida por robô (CRM) assistida por robótica diminui o tempo de internação hospitalar, levando à redução dos custos hospitalares em comparação com a CRM convencional.
7	Robotic-assisted beating heart mitral valve surgery: Preliminary report	2022	A cirurgia robótica da válvula mitral com coração batendo é uma técnica viável e eficaz, com resultados favoráveis a curto e médio prazo, especialmente em pacientes que não são adequados para pinçamento aórtico, secundário a aderências periaórticas, calcificações aórticas graves e baixa fração de ejeção.
8	The role of robotics in cardiac surgery: a systematic review	2018	Demonstram que a aplicação da robótica em cirurgia cardíaca tem proporcionado uma alternativa segura e eficaz às técnicas tradicionais. No entanto, mais ensaios são necessários para elucidar todos os seus aspectos.

9	Robotically assisted cardiac surgery: minimally invasive techniques to totally endoscopic heart surgery	2018	O uso de aprimoramento computadorizado (robótico) está bem documentado para cirurgia de revascularização miocárdica e procedimentos valvares cardíacos selecionados. Avanços recentes estão agora sendo direcionados às doenças cardíacas congênitas. O uso do fechamento do defeito do septo atrial totalmente endoscópico assistido por robótica é um grande avanço na cirurgia cardíaca congênita.
10	Use of Robots in Critical Care: Systematic Review	2022	O uso da robótica em ambientes de cuidados intensivos é uma intervenção benéfica, eficaz e bem recebida, que proporciona benefícios significativos aos pacientes, funcionários e hospitais
11	New Robotic Platforms in General Surgery: What's the Current Clinical Scenario?	2023	destaca a viabilidade da maioria dos procedimentos cirúrgicos em cirurgia geral usando as novas plataformas robóticas. A adoção destes novos dispositivos em cirurgia geral está em constante crescimento com a extensão das aprovações regulatórias. Padronização do processo de formação e avaliação de competências. ainda falta transferibilidade. Mais estudos são necessários para melhor compreender o real benefício clínico e econômico.
12	Medical Students' Attitude Towards Robotic Surgery: A Cross-Sectional Survey	2022	A cirurgia robótica está em ascensão no mundo e os estudantes de medicina apresentam desconhecimento sobre a procedimento, porém apresentam atitudes positivas quanto a tecnologia.
13	Robotic PCI: Evolving from novel toward non-inferior	2019	A Intervenção coronariana percutânea (ICP) assistida por robô parecer ser segura e viável tanto em lesões simples como complexas. Porém são necessários mais estudos multicêntricos randomizados com o poder adequado para avaliar os resultados da ICP manual contra a assistida por robô.

Fonte: elaborado pelos autores (2023).