

CIRURGIA ROBÓTICA NA ARTROPLASTIA DE QUADRIL COMPARADA COM A TÉCNICA CONVENCIONAL, UMA REVISÃO SISTEMÁTICA ATUAL

COLOMBO, Gustavo Alves¹
GURGEL, Henrique Brustolin²

RESUMO

Esta revisão sistemática se propôs a comparar os desfechos da artroplastia total de quadril assistida por robôs com as técnicas cirúrgicas convencionais, focando nos resultados clínicos, radiográficos e funcionais. Com o avanço nos sistemas robóticos, é essencial avaliar os possíveis benefícios em relação aos métodos tradicionais para melhorar o cuidado ao paciente. Foi realizada uma busca sistemática na base de dados da PubMed, abrangendo estudos publicados entre 2018 e 2024, que comparassem as artroplastias totais assistidas por robôs e convencionais. As palavras-chave usadas incluíram "robot", "robotic", "arthroplasty" e "hip". Foram incluídos ensaios clínicos randomizados, estudos de coorte prospectivos e retrospectivos, e estudos observacionais comparativos com desfechos pós-operatórios. Estudos que não forneceram comparações diretas, apresentaram comorbidades significativas pré-operatórias ou não incluíram acompanhamento robusto foram excluídos. Noventa e sete estudos foram inicialmente identificados, com seis atendendo aos critérios para análise completa. Os resultados mostraram que as cirurgias assistidas por robôs ofereceram maior precisão no alinhamento dos implantes, com tendência a melhores desfechos funcionais e menor risco de complicações. Contudo, o tempo cirúrgico foi ligeiramente mais longo. Apesar dessas vantagens, os resultados clínicos a longo prazo mostram pouca diferença em relação às técnicas convencionais, sugerindo que mais estudos são necessários para definir a superioridade dos sistemas robóticos.

PALAVRAS-CHAVE: Artroplastia de quadril; Cirurgia robótica; Artroplastia Convencional; Ortopedia, Quadril

ROBOTIC SURGERY IN HIP ARTHROPLASTY COMPARED TO CONVENTIONAL TECHNIQUE: A CURRENT SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT

This systematic review aimed to compare the outcomes of robot-assisted total hip arthroplasty (RoTHA) with conventional surgical techniques, focusing on clinical, radiographic, and functional outcomes. With the advancement of robotic systems, it is essential to evaluate the potential benefits compared to traditional methods to improve patient care. A systematic search of the PubMed database was conducted, including studies published between 2018 and 2024, comparing robot-assisted and conventional total hip arthroplasty. Keywords used included "robot," "robotic," "arthroplasty," and "hip." Randomized controlled trials, prospective and retrospective cohort studies, and observational comparative studies with postoperative outcomes were included. Studies that did not provide direct comparisons, had significant preoperative comorbidities, or did not include robust follow-up were excluded. Ninety-seven studies were initially identified, with six meeting the criteria for full analysis. The results showed that robot-assisted surgeries offered greater precision in implant alignment, with a trend toward better functional outcomes and a lower risk of complications. However, surgical time was slightly longer. Despite these advantages, long-term clinical outcomes show little difference compared to conventional techniques, suggesting that more studies are needed to define the superiority of robotic systems.

KEYWORDS: Total Hip Arthroplasty, Robotic Surgery, Conventional Arthroplasty, Orthopedics, Hip

1. INTRODUÇÃO

A Artroplastia total de quadril (ATQ) é um procedimento de altíssima taxa de satisfação pós operatória dos pacientes submetidos a este tratamento, e amplamente difundida técnica e

¹ Médico Residente do Terceiro Ano em Ortopedia e Traumatologia, Fundação Hospitalar São Lucas // CEOT, Cascavel-PR. ORCID 0000-0002-2306-9858. E-mail: gstdcolombo@outlook.com

² Acadêmico de Medicina do Oitavo Período, Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. ORCID 0009-0008-8195-9622 E-mail: brustolinhenrique32@gmail.com

cientificamente, para tratamento de varias patologias que acometem a articulação coxo-femoral. Nos últimos anos, houveram grandes avanços tecnológicos globais, e não diferentemente ocorreu na medicina, e mais recentemente, na ortopedia, principalmente com a introdução dos procedimentos roboticamente assistidos, no caso abrangido por este artigo, a Artroplastia Total de Quadril Roboticamente Assistida (RoATQ).

Buscamos através desta revisão sistemática abranger e detalhar o que existe de mais recente sobre o tema, incluindo os resultados funcionais e radiográficos do procedimento em comparação a técnica convencional aberta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A artroplastia total de quadril (ATQ) é uma das cirurgias mais difundidas e eficazes para o tratamento de doenças degenerativas, como a osteoartrite avançada dessa articulação (SINGH, 2011; KUNZE *et al.*, 2022). Essas intervenções cirúrgicas são procedimentos relativamente seguros que visam principalmente aliviar a dor, restaurar a função articular e melhorar a qualidade de vida dos pacientes, substituindo as articulações danificadas por componentes protéticos, chamados pares tribológicos, compostos por partes acetabulares e femorais. Tradicionalmente, essas cirurgias são realizadas utilizando métodos convencionais, nos quais o cirurgião faz todo o planejamento e execução manual do procedimento. No entanto, nos últimos anos, a cirurgia roboticamente assistida tem emergido como uma tecnologia inovadora que promete maior precisão no posicionamento das próteses (CHEN *et al.*, 2018).

Epidemiologicamente, o número de artroplastias de quadril tem aumentado globalmente devido ao envelhecimento da população e à crescente busca por uma melhora de mobilidade e consequentemente na qualidade de vida (PATEL *et al.*, 2023). No ano de 2019, nos Estados Unidos foram realizadas pelo menos 262,369 cirurgias de ATQ contando somente os pacientes usuários da Medicare, e tem-se ainda uma projeção de que até o ano de 2030, o número de artroplastias totais de quadril chegue ao número de 433,372 procedimentos (SHICHMAN *et al.*, 2023). Nesse contexto, a cirurgia robótica, que inicialmente foi utilizada em áreas como urologia e ginecologia, está agora ganhando espaço na ortopedia, com o potencial de aprimorar ainda mais os resultados dessas intervenções.

A literatura já aponta algumas vantagens potenciais da cirurgia robótica em artroplastias. Estudos sugerem que a precisão no alinhamento dos componentes protéticos, o que é crucial para o sucesso a longo prazo da cirurgia, é superior quando a tecnologia robótica é utilizada (KOW *et al.*, 2024). Por outro lado, há desafios e barreiras que ainda precisam ser superados, incluindo os altos

custos iniciais de implantação dessa tecnologia, a curva de aprendizado associada ao uso dos sistemas robóticos, a disponibilidade dos recursos e o aumento de tempo do ato cirúrgico até que o cirurgião ganhe a experiência necessária nestes sistemas. A incorporação de novas tecnologias na ortopedia pode ser desafiadora ou interromper a rotina de cirurgiões já experientes em procedimentos de substituição articular. Nem sempre essas inovações resultam em melhorias significativas em operações que já foram comprovadas e aperfeiçoadas ao longo do tempo (KUNZE *et al.*, 2022).

Embora os benefícios potenciais da cirurgia robótica sejam promissores, a comparação com os métodos convencionais ainda gera debates na comunidade científica. Alguns estudos defendem que as melhorias clínicas observadas com a cirurgia robótica não justificam, em todos os casos, os custos adicionais (KUNZE *et al.*, 2022). Portanto, a escolha entre métodos robóticos e convencionais permanece uma questão central. Embora a tecnologia robótica ofereça avanços em termos de precisão e potencialmente melhores desfechos, ainda há uma lacuna no conhecimento sobre quais pacientes se beneficiam mais desse tipo de intervenção e em quais circunstâncias o método convencional ainda pode ser preferido.

Diante dessas considerações, este estudo busca responder à seguinte pergunta: a cirurgia robótica realmente proporciona resultados superiores em termos de desfechos clínicos, funcionais e radiográficos quando comparada aos métodos convencionais em artroplastias de quadril? O objetivo geral deste trabalho é realizar uma revisão sistemática para comparar os dois métodos, sintetizando as evidências atuais e oferecendo uma análise crítica dos benefícios e limitações de cada abordagem.

3. METODOLOGIA

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Foi conduzida uma busca sistemática nas bases de dados **PubMed**, para identificar estudos publicados entre 2018 e 2024 que comparassem a cirurgia robótica com os métodos convencionais em artroplastias de quadril. As palavras-chave utilizadas incluíram "robot", "robotic", "arthroplasty" e "hip". Critérios de pesquisa específicos foram definidos para garantir a inclusão de estudos relevantes para a comparação entre os métodos robóticos e tradicionais.

3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Os critérios de inclusão para esta revisão sistemática foram: (1) estudos que compararam diretamente cirurgias de artroplastia total de quadril assistidas por robôs com técnicas convencionais; (2) estudos que relataram desfechos clínicos, radiográficos ou funcionais pós-operatórios; (3) ensaios clínicos randomizados, estudos de coorte prospectivos e retrospectivos, e estudos comparativos observacionais; (4) publicações em inglês ou português.

Estudos foram excluídos se: (1) não relataram comparações diretas entre os dois métodos; (2) envolveram pacientes com comorbidades significativas que pudessem influenciar diretamente os desfechos cirúrgicos; (3) foram revisões narrativas, meta-análises ou estudos de caso; (4) não apresentaram acompanhamento clínico adequado ou mensurações pós-operatórias robustas.

3.3 PROCESSO DE SELEÇÃO

Inicialmente, foram identificados 97 estudos através das bases de dados. Após uma triagem inicial de títulos e resumos, 12 artigos foram selecionados para análise completa de texto, os quais foram incluídos nesta revisão, sendo destes, 6 que trouxeram comparações diretas entre as técnicas. Dois revisores independentes avaliaram a elegibilidade dos estudos com base nos critérios de inclusão e exclusão pré-definidos.

3.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E EXTRAÇÃO DE DADOS

Os estudos incluídos foram avaliados quanto à qualidade metodológica utilizando a **Escala de Newcastle-Ottawa** para estudos de coorte e o **Cochrane Risk of Bias Tool** para ensaios clínicos randomizados. As principais variáveis extraídas dos estudos incluíram o tipo de cirurgia (artroplastia de quadril), o uso de sistema robótico, tempo cirúrgico, precisão de alinhamento, resultados clínicos (dor, função, tempo de recuperação), e complicações pós-operatórias.

3.5 SÍNTESE DOS DADOS

Os dados extraídos foram organizados em tabelas comparativas que apresentaram as características dos estudos, o desenho de pesquisa (randomizado, coorte, retrospectivo, etc.), o tamanho da amostra, o tipo de intervenção feita, e as conclusões dos autores sobre a cirurgia assistida

por robô em comparação aos métodos convencionais. Foi realizada uma síntese qualitativa dos resultados devido à heterogeneidade dos desfechos e metodologias empregadas nos estudos.

3.6 RESULTADOS

A busca sistemática identificou um total de 97 estudos, dos quais 6 foram selecionados para análise final após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Os artigos incluídos foram agrupados em uma tabela: Tabela 1.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tabela 1: Estudos sobre Artroplastia Total de Quadril

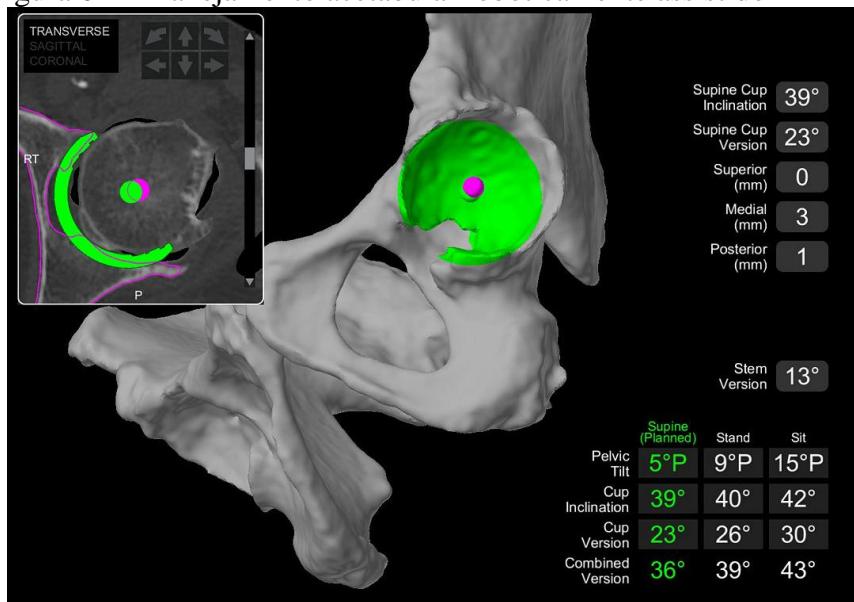
Autores	Ano	Desenho Metodológico	Nº de Pacientes	Intervenção	Principais Resultados
Xu et al. (7)	2024	Ensaio clínico prospectivo randomizado, multicêntrico e controlado em paralelo	116	LANCET Robótica vs Convencional	O sistema robótico LANCET aumentou a eficiência cirúrgica, reduzindo o tempo operatório na artroplastia total de quadril, sem comprometer a segurança ou os resultados clínicos.
Guo et al. (8)	2022	Estudo retrospectivo	93	Robótica vs Convencional	A artroplastia total de quadril assistida por braço robótico proporcionou um posicionamento mais preciso do copo acetabular, com menor variação em relação ao ângulo-alvo predefinido, em comparação com a cirurgia convencional. Além disso, os pacientes do grupo robótico apresentaram menor taxa de desvios angulares e uma distribuição mais uniforme das posições dos implantes.
Tian R . et al. (9)	2024	Estudo multicêntrico, prospectivo e randomizado	104	Robótica vs Convencional	Não houve diferença significativa nos escores HHS pós-operatórios, variações nos HHS, desvio femoral e comprimento do membro inferior entre os dois grupos. O sistema de ATQ assistido por robô de sete eixos é seguro e eficaz,

					proporcionando um melhor posicionamento do copo acetabular em comparação à ATQ convencional. As melhorias observadas nos escores HHS, no comprimento do membro e no desvio femoral no grupo assistido por robô foram semelhantes às do grupo convencional.
Zhang X. et al. (10)	2024	Ensaio multicêntrico randomizado	73	Robótica vs Convencional	O grupo RAS-THA apresentou menor variabilidade no planejamento do centro vertical de rotação (VCOR), melhor alinhamento da haste femoral e redução na discrepância de comprimento das pernas em comparação ao grupo CO-THA. Não houve diferenças significativas na zona segura de Lewinnek e na taxa de preenchimento do canal femoral. O RAS-THA mostrou-se eficaz na melhora do VCOR e na redução da variabilidade na discrepância de pernas, independente da abordagem cirúrgica, gênero ou sobrepeso.
Zhuang TF. et al (11)	2023	Estudo preliminar	62	Sistema robótico fechado VS Sistema robótico aberto	Os autores concluíram que assistido por robô, tanto no sistema aberto quanto no fechado, tem resultados cirúrgicos e taxas de segurança semelhantes, com curvas de aprendizado comparáveis e posicionamento preciso do componente acetabular. As diferenças na taxa de posicionamento dentro da zona segura não foram significativas, tornando o método robótico relativamente uma opção útil para alcançar o posicionamento planejado do copo acetabular.

Tian R. et al (12)	2023	Estudo Retrospectivo	160	Robótica vs Convencional	A artroplastia total de quadril assistida por robô (Ro-ATQ) com um sistema de sete eixos apresentou resultados superiores na fase de proficiência em comparação com a técnica convencional. Na fase proficiente, a cirurgia robótica mostrou maior precisão no posicionamento do copo acetabular e controle superior do comprimento da perna, com 90,5% dos implantes acetabulares posicionados na "zona segura de Lewinnek", em contraste com 77,5% no grupo convencional.
--------------------	------	----------------------	-----	--------------------------	---

Os resultados desta revisão sistemática destacam as vantagens e desafios associados ao uso de sistemas robóticos em procedimentos de artroplastia de quadril. Vários estudos incluídos nesta análise evidenciam que a cirurgia assistida por robô pode oferecer maior precisão no posicionamento dos implantes, o que é crucial para melhorar os desfechos clínicos e a durabilidade dos implantes (TIAN *et al.*, 2023) (FIGURA 01 E 02).

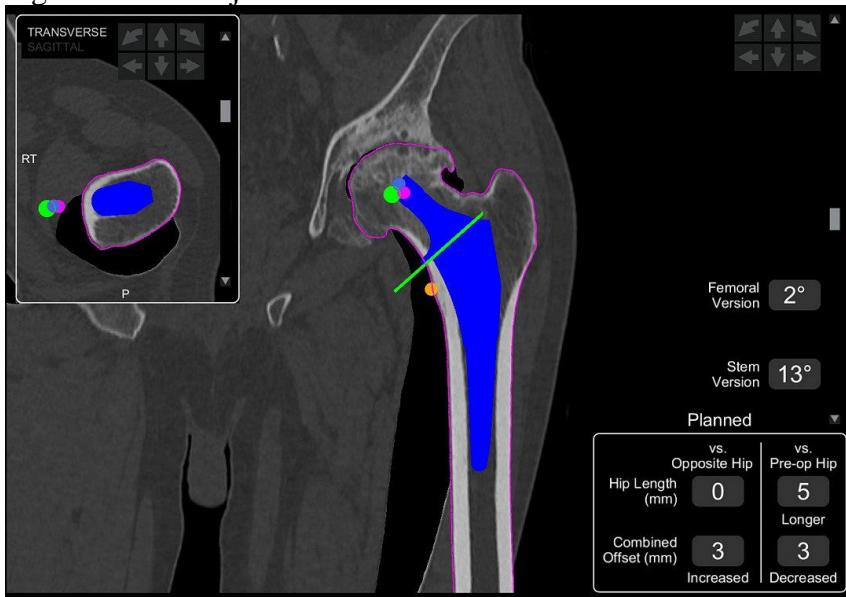
Figura 01 – Planejamento acetabular roboticamente assistido



Fonte: Stryker Orthopaedics

Nota: Planejamento do tamanho acetabular, incluindo inclinação, versão e centro de rotação, em estudo tomográfico e intraoperatório do procedimento roboticamente assistido.

Figura 02 – Planejamento femoral roboticamente assistido



Fonte: Stryker Orthopaedics

Nota: Planejamento do tamanho da haste femoral, baseado na anatomia do paciente, em estudo tomográfico e intraoperatório do procedimento roboticamente assistido, podendo selecionar por hastes cimentadas ou não.

GUO et al. (2022) relataram que a cirurgia assistida por robô em artroplastias totais de quadril (THA) melhorou a precisão do posicionamento da cúpula acetabular, reduzindo a necessidade de revisões cirúrgicas. (FIGURA 03)

Figura 03 – Posicionamento acetabular



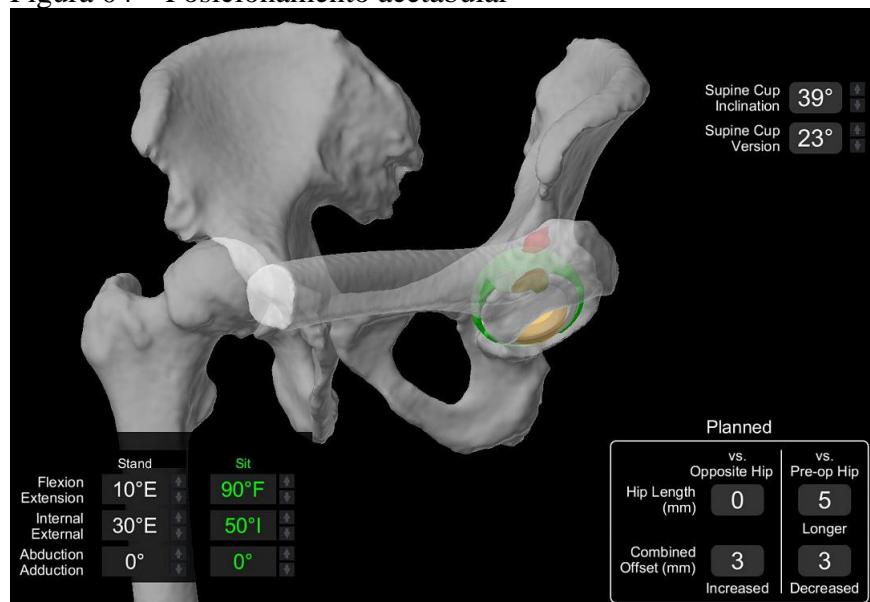
Fonte: Stryker Orthopaedics

Nota: Posicionamento do componente acetabular baseado na posição pélvica do paciente (sentado, ortostase, decúbito)

Embora a precisão aumentada seja uma vantagem significativa, o impacto da cirurgia robótica no tempo operatório e na recuperação pós-operatória varia entre os estudos. XU et al. (2024) observaram que o uso do sistema LANCET em ATQ resultou em maior eficiência cirúrgica, reduzindo o tempo operatório em comparação ao método convencional. Por outro lado, ZHUANG TF. et al. (2023) constataram que, embora a robótica tenha proporcionado maior precisão, não houve diferença significativa nos resultados funcionais em comparação com a ATQ convencional, sejam funcionais ou de resultados finais agudos ou tardios, como luxações e desgastes, sugerindo que a vantagem nestes termos pode não ser universal, além do delta do tempo cirúrgico ser muito variável seja por questões intrínsecas do paciente ou expertise do cirurgião.

A segurança e eficácia da cirurgia assistida por robô também foram amplamente avaliadas. XU et al. (2024) confirmaram que a cirurgia robótica foi segura e eficaz, oferecendo uma visão tridimensional intraoperatória que permite visualização direta do posicionamento dos componentes e “impingement” dos pares tribológicos (FIGURA 04) sem apresentar riscos adicionais aos pacientes. No entanto, a ausência de diferenças significativas nos desfechos funcionais a curto prazo, como observado por ZHUANG TF. et al. (2023), sugere que, embora a robótica ofereça vantagens em aspectos técnicos, esses benefícios nem sempre se traduzem em melhorias substanciais nos resultados clínicos. Portanto, a adoção de tecnologia robótica em artroplastias deve ser avaliada cuidadosamente, considerando os custos, a curva de aprendizado e os benefícios esperados.

Figura 04 – Posicionamento acetabular



Fonte: Stryker Orthopaedics

Nota: Avaliação do “impingement” dos componentes em diferentes posições do membro, pré e intraoperatórios, mostrando em vermelho as regiões onde ocorrem, facilitando a avaliação de situações de possível luxação.

Em suma, a variabilidade nos resultados clínicos e a necessidade de uma curva de aprendizado significativa para os cirurgiões indicam que, embora a tecnologia robótica represente um avanço importante, ela deve ser implementada com cautela e em contextos onde os benefícios superem os desafios. O impacto real da robótica na prática clínica ainda requer mais estudos a longo prazo e uma análise abrangente dos custos e resultados para garantir que os pacientes se beneficiem plenamente dessa tecnologia emergente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática conclui que a cirurgia assistida por robô, em comparação aos métodos convencionais, oferece benefícios significativos em termos de precisão cirúrgica, especialmente no alinhamento de implantes em artroplastias de quadril, levando a resultados objetivos e radiográficos mais precisos, especialmente no tangente angular e de dismetria do membro, além do posicionamento final dos pares tribológicos, que podem ser humanamente modificados, seja propositalmente ou não, justificando então a empregabilidade deste método cirúrgico, que também causa certo nivelamento entre os cirurgiões que o utilizam em relação aos resultados obtidos.

Embora esses avanços tecnológicos possam melhorar a eficiência cirúrgica e potencialmente reduzir complicações pós-operatórias, os resultados clínicos a curto prazo não demonstram uma diferença substancial, sejam eles funcionais, mecânicos ou objetivos analisados radiograficamente em relação aos métodos convencionais conduzidos por cirurgiões experientes, visto que a percepção final de melhora do paciente é muito semelhante, seja pela técnica roboticamente assistida ou pela convencional aberta. Além disso, a implementação eficaz da tecnologia robótica requer uma curva de aprendizado considerável para os cirurgiões, o que pode levar, inicialmente, a um aumento do tempo operatório, limitando seus benefícios iniciais neste quesito, além dos custos operacionais adicionais que podem ser substancialmente superiores a técnica convencional, devendo a indicação para cada caso ser cuidadosamente avaliada. Portanto, a adoção de sistemas robóticos deve ser ponderada, levando em consideração os custos envolvidos, o possível aumento do tempo cirúrgico e as necessidades específicas dos pacientes, para garantir que os benefícios superem os desafios na prática clínica, além de seu estudo, principalmente a longo prazo, careça de dados objetivos suficientes para uma avaliação definitiva no tangente a sua superioridade.

REFERÊNCIAS

- CHEN AF, KAZARIAN GS, JESSOP GW, MAKHDOM A. Robotic Technology in Orthopaedic Surgery. *J Bone Jt Surg.* 2018;100(22):1984-1992. doi:10.2106/jbjs.17.01397
- GUO D, LI X, MA S, ZHAO Y, QI C, XUE Y. Total hip arthroplasty with robotic arm assistance for precise cup positioning: a case-control study. *Orthop Surg.* 2022. doi:10.1111/os.13334
- KOW RY, ABDUL RANI R, MOHAMAD NAZARALLAH MH et al. Robotic-Assisted Hip and Knee Arthroplasty: A Bibliometric Analysis Using the Scopus Database. *Cureus.* 2024. doi:10.7759/cureus.56617
- KUNZE, KYLE N. MD; BOVONRATWET, PATAWUT MD; POLCE, EVAN M. BS; PAUL, KATLYNN BA; SCULCO, PETER K. MD. Comparison of Surgical Time, Short-term Adverse Events, and Implant Placement Accuracy Between Manual, Robotic-assisted, and Computer-navigated Total Hip Arthroplasty: A Network Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *JAAOS: Global Research and Reviews* 6(4):e21.00200, April 2022. | DOI: 10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00200
- PATEL I, NHAM F, ZALIKHA AK, EL-OTHMANI MM. Epidemiology of total hip arthroplasty: demographics, comorbidities and outcomes. *Arthroplasty.* 2023;5(1). doi:10.1186/s42836-022-00156-1
- SHICHMAN I, ROOF M, ASKEW N et al. Projections and Epidemiology of Primary Hip and Knee Arthroplasty in Medicare Patients to 2040-2060. *JBJS Open Access.* 2023;8(1). doi:10.2106/jbjs.oa.22.00112
- SINGH JA. Epidemiology of Knee and Hip Arthroplasty: A Systematic Review§. *Open Orthop J.* 2011;5(1):80-85. doi:10.2174/1874325001105010080
- STRYKER ORTHOPAEDICS. The clinical and economic value of Mako SmartRobotics™, 2019. Disponível em <https://www.stryker.com/us/en/joint-replacement/systems/mako-total-hip.html>. Acesso em 20/11/2024
- TIAN R, GAO X, KONG N, et al. A new seven-axis robotic-assisted total hip arthroplasty system improves component positioning: a prospective, randomized, multicenter study. *Scientific Reports.* 2024;14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63624-5>
- TIAN R, DUAN X, KONG N, WANG K, YANG P. Precise acetabular positioning, discrepancy in leg length, and hip offset using a new seven-axis robot-assisted total hip arthroplasty system requires no learning curve: a retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2023 Mar 24;18(1):236. doi: 10.1186/s13018-023-03735-3. PMID: 36964615; PMCID: PMC10037797.
- XU Z, CHAI S, CHEN D ET AL. The LANCET robotic system can improve surgical efficiency in total hip arthroplasty: A prospective randomized, multicenter, parallel-controlled clinical trial. *J Orthop Transl.* 2024;45:247-255. doi:10.1016/j.jot.2023.12.004
- ZHANG X, SHEN X, ZHANG R, et al. Radiographic evaluation of robot-assisted versus manual total hip arthroplasty: a multicenter randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedics and*

Traumatology : Official Journal of the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology. 2024;25.
<https://doi.org/10.1186/s10195-024-00773-3>

ZHUANG TF, WU CJ, LUO SM et al. Preliminary study of short-term outcomes and learning curves of robotic-assisted THA: comparison between closed platform robotic system and open platform robotic system. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1). doi:10.1186/s12891-023-06895-9