Article published online: 2025-12-30

Resultados da artroplastia total do joelho com assistência robótica

Results of Total Knee Arthroplasty with Robotic Assistance

Joao Paulo Fernandes Guerreiro[1,2] Julia Canassa Pinto[1] Livia Schauff[1] Tiago Delfino Pedrollo[1] Paulo Roberto Bignardi[1] Marcus Vinicius Danieli[1,2]

[1] Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Londrina, PR, Brasil
[2] Hospital de Ortopedia Uniorte, Londrina, PR, Brasil

Rev Bras Ortop 2025;60(6):s00451814407.

Endereço para correspondência Joao Paulo Fernandes Guerreiro, Av. Higienópolis, 2600, Londrina, PR, Brasil, CEP: 86050-150 (e-mail: joaoguerreiro39@yahoo.com.br).

Resumo

Objetivo Investigar os resultados da artroplastia total do joelho (ATJ) com assistência de braço robótico em comparação com a abordagem convencional.

Métodos Realizamos um estudo de coorte retrospectivo, incluindo 96 pacientes submetidos a ATJ, que foram alocados aos grupos assistência robótica (AR) ou técnica convencional (TC). Todas as cirurgias foram realizadas sem o uso de torniquete e incluíram a administração de ácido tranexâmico intravenoso. Os pacientes foram pareados com base no sexo, na idade e nos valores pré-operatórios de hemoglobina (Hb) e hematócrito (Ht). Os principais desfechos avaliados foram a perda sanguínea perioperatória (avaliada por meio de alterações em Hb e Ht), a duração operatória, o tempo de internação hospitalar e as complicações pós-operatórias até em 6 meses.

Resultados Foram 34 pacientes para cada grupo pareados com sucesso para análise. Não houve diferenças significativas entre os grupos quanto à redução de Hb ou Ht (AR: Hb $-2{,}27 \pm 1{,}21$ g/dL, Ht $-6{,}56 \pm 3{,}43\%$; vs. TC: Hb $-2{,}00 \pm 1{,}07$ g/dL, Ht $-5{,}85 \pm 3{,}26\%$; $p > 0{,}05$). O tempo cirúrgico médio também foi semelhante (AR: $108{,}9 \pm 20{,}8$ vs. TC: $111{,}8 \pm 26{,}2$ min; $p = 0{,}905$). Notavelmente, os pacientes do grupo AR tiveram um período de hospitalização mais curto (mediana: 2 vs. 2,5 dias; OR = 0,12; IC 95% = 0,03–0,57; $p = 0{,}008$). As complicações pós-operatórias em 6 meses não diferiram significativamente entre os grupos.

Conclusão A ATJ com assistência robótica não foi associada a melhorias mensuráveis na perda sanguínea, tempo operatório ou complicações pós-operatórias. Entretanto, contribuiu para uma redução na permanência hospitalar em comparação com a técnica convencional.

Palavras-chave
- artroplastia
- joelho
- perda sanguínea cirúrgica
- procedimentos cirúrgicos robóticos

Trabalho desenvolvido no Hospital de Ortopedia Uniorte, Londrina, Brasil.

recebido
12 de setembro de 2025
aceito
20 de outubro de 2025

DOI https://doi.org/10.1055/s-0045-1814407.
ISSN 0102-3616.

© 2025. The Author(s).
This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua Rego Freitas, 175, loja 1, República, São Paulo, SP, CEP 01220-010, Brazil

Abstract

Objective To investigate the outcomes of total knee arthroplasty (TKA) when assisted by a robotic arm compared with the conventional approach.

Methods We conducted a retrospective cohort study including 96 patients who underwent TKA, assigned to either the robotic-assisted (RA) group or a conventional technique (CT) groups. All surgeries were performed without the use of a tourniquet and included administration of intravenous tranexamic acid. Patients were matched based on sex, age, and preoperative hemoglobin (Hb) and hematocrit (Ht) values. Key outcomes evaluated were perioperative blood loss (assessed through changes in Hb and Ht), operative duration, length of hospital stay, and postoperative complications up to 6 months.

Results There were 34 patients from each group successfully matched for analysis. There were no significant differences between the groups regarding Hb or Ht reduction (RA: Hb -2.27 ± 1.21 g/dL, Ht $-6.56 \pm 3.43\%$; vs. CT: Hb -2.00 ± 1.07 g/dL, Ht $-5.85 \pm 3.26\%$; $p > 0.05$). The mean surgical time was also similar (RA: 108.9 ± 20.8 vs. CT: 111.8 ± 26.2 min; $p = 0.905$). Notably, patients in the RA group experienced a shorter hospitalization period (median: 2 vs. 2.5 days; OR = 0.12; 95% CI = 0.03–0.57; $p = 0.008$). Incidence of postoperative complications within 6 months did not differ significantly between groups.

Conclusion Robotic-assisted TKA was not associated with measurable improvements in blood loss, operative time, or postoperative complications. However, it contributed to a reduction in hospital stay compared with the conventional technique.

Keywords

- arthroplasty
- blood loss, surgical
- knee
- robotic surgical procedures

Introdução

A artroplastia total do joelho (ATJ) é uma intervenção cirúrgica comum que visa aliviar a dor e restaurar a função em pacientes com osteoartrite grave ou outras condições articulares debilitantes.[1] Este procedimento envolve a substituição da articulação do joelho por uma prótese, removendo porções danificadas do fêmur, tíbia e cartilagem.[2] No entanto, a ATJ está associada a preocupações significativas quanto ao sangramento, o que pode levar a complicações pós-operatórias, aumentar o risco de transfusões e prolongar a recuperação do paciente.[2]

Nas últimas décadas, a introdução da assistência de braço robótico revolucionou a precisão e a eficácia do procedimento, levantando questões importantes sobre seu impacto nos níveis de sangramento.[3] A ATJ convencional baseia-se em radiografias pré-operatórias, pontos de referência anatômicos intraoperatórios e guias de alinhamento manual, enquanto a ATJ com assistência robótica fornece uma reconstrução virtual tridimensional (3D) que descreve a anatomia específica de cada paciente.[4,5] Isso permite um planejamento mais preciso das ressecções ósseas e do posicionamento da prótese, melhorando assim a preservação do tecido e reduzindo a inflamação e a dor pós-operatória,[4,5] embora não tenham sido demonstradas diferenças significativas nos resultados funcionais de médio e longo prazo quando comparados com a técnica convencional.[6–10]

Além disso, outras estratégias perioperatórias, como o uso do agente antifibrinolítico ácido tranexâmico, têm sido empregadas para reduzir a perda de sangue e a necessidade de transfusões.[11] Algumas metanálises mostraram que o ácido tranexâmico é seguro e reduz significativamente a perda sanguínea total e pós-operatória, bem como o número médio de transfusões por paciente, sem aumentar a taxa de complicações.[12–14]

O uso de torniquete é tradicional na ATJ, baseada na crença de que podem reduzir o sangramento intraoperatório e melhora a cimentação da prótese.[15] No entanto, uma meta-análise publicada em 2021 indicou que o uso de torniquete pode não oferecer vantagens significativas nesse sentido e está associado a riscos, como danos aos tecidos moles, maior dor pós-operatória e maior tempo de internação hospitalar. Embora possa reduzir o tempo cirúrgico, esses potenciais efeitos adversos destacam a necessidade de reconsiderar seu uso rotineiro.[15]

Até o momento, não há consenso sobre as taxas de sangramento na ATJ com assistência robótica, particularmente quando realizada em combinação com ácido tranexâmico intravenoso e sem o uso de torniquete.[16]

A hipótese deste estudo é que a ATJ com assistência robótica resulta em menor sangramento perioperatório, menos complicações pós-operatórias e menor tempo cirúrgico quando comparada ao método cirúrgico convencional.

Materiais e Métodos

Aspectos Éticos

Este estudo foi realizado após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Institucional, número CAAE 79863824.2.0000.5696, de acordo com a Resolução n°

466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e a Declaração de Helsinki.

Desenho do Estudo

Trata-se de um estudo observacional retrospectivo, baseado na análise de prontuários de pacientes submetidos à ATJ pela mesma equipe de cirurgia do joelho, entre julho de 2022 e 2023. Os pacientes foram divididos em dois grupos distintos: um em que a ATJ foi realizada com assistência robótica e outro com método convencional.

Os critérios de inclusão compreenderam todos os pacientes que realizaram ATJ sem uso de torniquete e com administração de ácido tranexâmico. Os critérios de exclusão foram ATJ de revisão, osteotomia corretiva concomitante, distúrbios de coagulação anteriores ou uso de medicação anticoagulante nos 7 dias anteriores à cirurgia.

Coleta de Dados

Os seguintes dados foram coletados dos prontuários dos pacientes durante a internação: sexo, idade, peso, altura, distúrbios de coagulação prévios, data da cirurgia, tempo cirúrgico, assistência robótica, assim como uso de medicamentos anticoagulantes, ácido tranexâmico e torniquete. Também se coletou dados sobre complicações intraoperatórias, necessidade de procedimentos adicionais, níveis de Hb e Ht pré- e pós-operatórios de 24 horas, tempo de internação hospitalar e complicações pós-operatórias até o 6° mês, incluindo-se na última variável necessidade de transfusões, reoperação para drenagem de hematoma, artrofibrose, deiscência de ferida, infecção superficial e profunda, trombose venosa profunda (TVP), embolismo pulmonar (EP), infarto do miocárdio e óbito.

Todos os pacientes incluídos tiveram amostras de sangue coletadas por punção venosa periférica no pré-operatório e 24 horas após a cirurgia. O tempo cirúrgico de cada procedimento foi registrado pelas equipes de enfermagem e de anestesia. Todos os pacientes foram submetidos à raquianestesia e receberam 1 g de ácido tranexâmico por via intravenosa na indução. A abordagem parapatelar medial sem uso de torniquete foi a preferida.

Todos os implantes foram cimentados, sem substituição patelar e com a mesma instrumentação. No grupo com assistência robótica, utilizou-se o sistema de joelho ROSA (Zimmer Biomet). Nenhum dreno de sucção foi aplicado em nenhum caso.

A tromboprofilaxia consistiu em métodos mecânicos, com o uso de um dispositivo de compressão pneumática intermitente nas panturrilhas durante as primeiras 24 horas de pós-operatório, assim como meias elásticas de compressão durante os primeiros 30 dias. A profilaxia farmacológica incluiu 10 mg de rivaroxabana por via oral, iniciada 6 horas após o procedimento e mantida na mesma dose a cada 24 horas por 10 dias em todos os pacientes.

Os critérios de alta hospitalar incluíram estabilidade hemodinâmica, controle adequado da dor e capacidade de deambular de forma independente com um andador.

Análise Estatística

Tanto Hb quanto Ht foram consideradas variáveis dependentes, enquanto idade, sexo, tempo cirúrgico, tempo de internação e complicações (inclusive óbito) foram considerados independentes. As variáveis categóricas foram expressas em frequência e porcentagem, enquanto as quantitativas foram avaliadas quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. A significância estatística das variáveis qualitativas foi avaliada pelo teste exato de Fisher, e as variáveis quantitativas foram analisadas pelo teste de Mann-Whitney ou pelo *t* de Student, conforme a distribuição dos dados.

Além disso, uma análise de regressão multivariada, ajustada por idade e sexo, foi realizada, utilizando o teste de Wald, para determinar o impacto da assistência robótica nas reduções de Hb e Ht, do tempo cirúrgico, da internação hospitalar e das taxas de complicações. Todas as análises foram realizadas no Stata/SE v.16.1 (StataCorp LLC), com o nível de significância estabelecido em $p < 0{,}05$.

Resultados

Durante o período do estudo, um total de 96 pacientes foi submetido à ATJ sem uso de torniquete e com administração de ácido tranexâmico. Do total, 85 pacientes foram incluídos no estudo; além disso, 6 foram excluídos devido à cirurgia de revisão, 2 devido à osteotomia associada e 2 devido a distúrbios de coagulação. Após a correspondência estatística dos grupos, o grupo de cirurgia com assistência robótica e o de cirurgia convencional compreenderam 34 pacientes cada. O fluxograma do estudo é apresentado na ►**Fig. 1**.

A ►**Tabela 1** apresenta as características basais dos pacientes. As médias de idade, a distribuição por sexo e os níveis basais de Hb e Ht foram semelhantes entre os grupos, sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0{,}05$).

O tempo cirúrgico e o de internação também foram avaliados. Não houve diferença significativa no tempo cirúrgico entre os grupos ($p = 0{,}621$). Entretanto, houve diferença significativa no tempo de internação, com menor tempo de permanência no grupo com assistência robótica ($p = 0{,}008$), como apresentado na ►**Tabela 1**.

Quanto às complicações cirúrgicas, os resultados não mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos em nenhuma das variáveis. Não foram identificados casos de EP, de necessidade de transfusão ou de óbitos (►**Tabela 1**).

Como mostrado na ►**Tabela 2**, as diferenças nos níveis médios de Hb e Ht pré- e pós-operatórios (24 h) não foram estatisticamente significativas entre os grupos.

Na ►**Tabela 3**, a análise de regressão multivariada ajustada para idade e sexo mostrou que a assistência robótica teve impacto significativo apenas na redução do tempo de internação hospitalar (OR = 0,12; IC 95% = 0,03–0,57; $p = 0{,}008$), sem influência significativa sobre outras variáveis (Hb, Ht, tempo cirúrgico e complicações).

Discussão

Este estudo não demonstrou diferenças significativas na redução dos níveis de Hb e Ht após a cirurgia entre os grupos

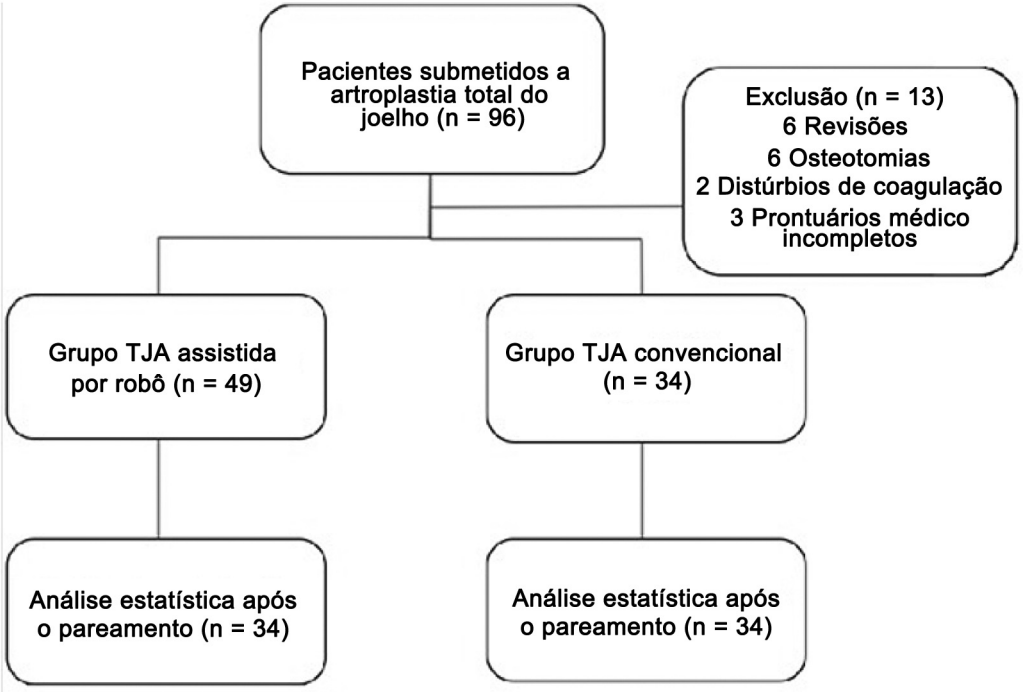

Fig. 1 Fluxograma do estudo.

($p > 0,05$). Esse achado sugere que, na ausência de torniquete e com administração intravenosa de ácido tranexâmico, a ATJ com assistência robótica não apresenta vantagem clara quanto à perda sanguínea em comparação com a técnica convencional.

Esses resultados são consistentes com um estudo retrospectivo publicado em 2022,[16] que incluiu 486 pacientes e empregou torniquete e ácido tranexâmico. Eles também se alinham com uma revisão sistemática e meta-análise publicada em 2024,[17] que avaliou 12 estudos envolvendo 2.863 pacientes e analisou os requisitos de transfusão e de perda sanguínea em ATJ convencional versus com assistência robótica. No entanto, essa revisão não abordou o uso de ácido tranexâmico ou de torniquete nos estudos incluídos.[17]

Nenhum dos pacientes do presente estudo necessitou de transfusão de sangue. Em contraste, um estudo de coorte retrospectivo de Khan et al., publicado em 2021, relatou seis casos de transfusão no grupo convencional (12%) e um no grupo com assistência robótica (2%), representando uma diferença estatisticamente significativa.[2] Nesse estudo, tanto

Tabela 1 Características basais dos pacientes

	Assistência robótica ($n = 34$)	Convencional ($n = 34$)	Valor de p
Idade (anos)	$67,8 \pm 9,7$	$68,2 \pm 7,4$	0,845[a]
Homens, n (%)	26 (53,1)	13 (38,2)	0,263[b]
Hb (g/dl)	$13,56 \pm 1,05$	$13,05 \pm 1,31$	0,079[a]
Ht (%)	$40,32 \pm 3,15$	$39,49 \pm 4,19$	0,358[a]
Tempo de cirurgia (min)	$108,9 \pm 20,8$	$111,79 \pm 26,17$	0,621[a]
Internação hospitalar (dias)	2 (1–3)	2 (2–3)	0,008[c]
Transfusão (n)	0	0	
Infecção superficial (n)	4 (11,8)	1 (2,9)	0,356[b]
Infecção profunda (n)	2 (5,6)	1 (2,9)	> 0,999[b]
Artrofibrose (n)	1 (2,9)	1 (2,9)	> 0,999[b]
Trombose (n)	0 (0,0)	1 (2,9)	> 0,999[b]
Embolismo (n)		0	
Ataque cardíaco (n)	1 (2,9)	0 (0,0)	> 0,999[b]
Morte (n)	0	0	

Abreviações: Hb, hemoglobina; Ht, hematócrito. a Teste t, b Qui-quadrado, c Teste de Mann-Whitney.

Tabela 2 Diferença média para Hb e Ht em pacientes submetidos a ATJ com assistência robótica ou convencional no período pré-operatório

Tempo	Assistência robótica Média (DP)	Convencional Média (DP)	Valor de *p*
Hemoglobina (mg/dl)			
24h	−2,27 (1,21)	−2,00 (1,07)	0,329
Hematócrito (%)			
24h	−6,56 (3,43)	−5,85 (3,26)	0,383

Abreviações: ATJ, artroplastia total do joelho; DP, desvio padrão; Hb, hemoglobina, Ht, hematócrito.

Tabela 3 Efeito da assistência robótica na redução de Hb e Ht, dias de hospitalização, tempo de ATJ e complicações*

	OR	95% IC	Valor de P
Redução de Hb	1,83	0,67–4,99	0,236
Redução de Ht	0,91	0,65–1,23	0,594
Tempo de cirurgia	1,01	0,98 - 1,03	0,905
Tempo de internação hospitalar	0,12	0,03–0,57	0,008
Infecção superficial	0,23	0,01–4,03	0,316
Infecção profunda	2,19	0,08–60,1	0,642
Artrofibrose	0,78	0,04–15,0	0,868

Abreviações: ATJ, artroplastia total do joelho; DP, desvio padrão; Hb, hemoglobina, Ht, hematócrito; OR, odds ratio.
Nota: *Análise de regressão multivariada. Teste de Wald. Ajustada por idade e sexo.

o ácido tranexâmico quanto o torniquete foram utilizados em todos os pacientes.[2]

O tempo cirúrgico também não diferiu significativamente entre os grupos no nosso estudo. A duração média foi de $108,8 \pm 20,8$ minutos no grupo com assistência robótica, em comparação a $111,79 \pm 26,17$ minutos no grupo convencional ($p = 0,484$). Um estudo randomizado controlado relatou que a ATJ com assistência robótica foi associada a um tempo operatório mais longo em comparação com a abordagem convencional,[18] enquanto um estudo qualitativo descritivo sugeriu que a assistência robótica deve reduzir o tempo cirúrgico.[19] A tecnologia robótica permite simulações pré-operatórias, prevenindo erros no posicionamento da prótese e auxiliando a tomada de decisão de cirurgiões.[19] No entanto, tais procedimentos às vezes podem levar mais tempo, especialmente durante a curva de aprendizado inicial.[20] Em nosso estudo, as cirurgias com assistência robótica foram realizadas no 1° ano após a implementação do sistema em nossa instituição, mas não foi observada diferença no tempo cirúrgico.

Complicações pós-operatórias classicamente descritas em TJA não apresentaram diferenças significativas entre os grupos,[21–23] entre as quais estão necessidade de transfusão, reoperação para drenagem de hematoma, artrofibrose, deiscência de ferida, infecção superficial e profunda, TVP, EP, infarto do miocárdio e morte. Isso é consistente com um estudo de coorte retrospectivo publicado em 2022, analisando um grande banco de dados de ATJ,[24] que não encontrou associação entre a crescente adoção de ATJ com assistência robótica e taxas mais altas de complicações infecciosas ou não infecciosas.

Em relação às infecções, o estudo retrospectivo de Ofa et al.,[25] publicado em 2020, comparou a ATJ com assistência robótica à convencional e não encontrou diferença significativa aos 90 dias de pós-operatório. As taxas de infecção foram de 0,62% no grupo convencional e 0,48% no grupo com assistência robótica.[25] Em nosso estudo, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas, mas a taxa geral de infecção foi maior do que a relatada na literatura, atingindo 4% aos 6 meses.

Em relação à TVP, nosso estudo identificou um caso em cada grupo, sem significância estatística. Um estudo retrospectivo de Itou et al., publicado em 2023,[26] que utilizou tanto o torniquete quanto o ácido tranexâmico, também descobriu que a ATJ com assistência robótica não estava associada ao aumento do risco de TVP pós-operatória. Outra série de casos retrospectivos consecutivos sugeriu que, apesar de tempos operatórios mais longos, a cirurgia com assistência robótica pode ser mais segura, associada a menor incidência de TVP.[5] Isso pode ser atribuído ao menor trauma de partes moles e à prevenção de violação do canal femoral.[5]

Além disso, um estudo caso-controle randomizado publicado em 2022 por Xu et al.[20] comparou os resultados clínicos e radiográficos precoces de ATJ com assistência robótica versus manual convencional com o uso de torniquete, não relatando diferenças significativas na incidência de TVP. Ambos os estudos enfatizaram o papel dos regimes anticoagulantes, como os inibidores do fator Xa, na redução do risco

de TVP pós-operatória, o que é consistente com nosso protocolo de estudo.[18,20,27]

Encontramos uma redução significativa na permanência hospitalar no grupo com assistência robótica (IC95%: 0,03–0,57, $p = 0{,}008$), indicando um potencial benefício dessa tecnologia para aprimorar a recuperação pós-operatória. Estudos anteriores que compararam a ATJ convencional à com assistência robótica também demonstraram hospitalizações mais curtas.[26–28] Por exemplo, um estudo de coorte retrospectivo publicado em 2024 relatou um tempo médio de permanência de 1,89 dias no grupo com assistência robótica, em comparação a 2,41 dias no grupo convencional.[27] Outros estudos retrospectivos publicados em 2018 e 2024 também relataram reduções significativas na duração da hospitalização em pacientes de ATJ com assistência robótica.[27,28]

Em nosso estudo, os critérios de alta foram baseados na estabilidade hemodinâmica, na capacidade de deambular com andador e no controle adequado da dor. Vale ressaltar que os estudos comparativos revisados aqui também relataram o uso de ácido tranexâmico durante a cirurgia, mas não forneceram critérios específicos de alta. Além disso, em um estudo,[27] o torniquete pneumático foi usado, mas nunca inflado, enquanto outro[28] não especificou se um torniquete foi aplicado.

Este estudo apresenta algumas limitações. O mais importante sendo o seu desenho retrospectivo, que pode ter afetado a precisão dos resultados. Além disso, ser conduzido em um único centro limitou o tamanho da amostra. Por outro lado, essa abordagem minimizou o viés da variabilidade entre cirurgiões na técnica. Além disso, não foram coletados dados sobre desfechos funcionais ou escores de dor, o que impossibilitou uma comparação mais abrangente.

Conclusão

Neste estudo, a escolha da abordagem cirúrgica—ATJ com assistência robótica versus convencional—não resultou em diferenças significativas nos níveis de hemoglobina ou hematócrito 24 horas após a cirurgia. Da mesma forma, o tempo operatório, a necessidade de transfusões de sangue e a incidência de complicações pós-operatórias foram comparáveis entre as duas técnicas.

Notavelmente, os pacientes submetidos à ATJ com assistência robótica tiveram uma permanência hospitalar significativamente mais curta, indicando uma vantagem potencial dessa tecnologia na promoção de uma recuperação pós-operatória mais rápida e alta precoce.

Disponibilidade dos Dados

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação ao autor correspondente.

Contribuições dos Autores

Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. JPFG: conceitualização; administração do projeto; escrita – esboço original; escrita – revisão e edição; análise formal. JCP: curadoria de dados; escrita – esboço original; escrita – revisão e edição. LS: curadoria de dados; escrita – esboço original; escrita – revisão e edição. TDP: curadoria de dados; escrita – esboço original; escrita – revisão e edição. PRB: análise formal. MVD: conceitualização; escrita – revisão e edição.

Suporte Financeiro

Os autores declaram que não receberam suporte financeiro de agências dos setores público, privado ou sem fins lucrativos para a realização deste estudo.

Conflito de Interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Referências

1 OrthoInfo. Treatment: Total Knee Replacement. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Available from: https://orthoinfo.aaos.org/pt/treatment/artroplastia-total-de-joelho-total-knee-replacement/
2 Khan H, Dhillon K, Mahapatra P, et al. Blood loss and transfusion risk in robotic-assisted knee arthroplasty: A retrospective analysis. Int J Med Robot 2021;17(06):e2308. Doi: 10.1002/rcs.2308
3 Clark TC, Schmidt FH. Robot-assisted navigation versus computer-assisted navigation in primary total knee arthroplasty: efficiency and accuracy. ISRN Orthop 2013;2013:794827. Doi: 10.1155/2013/794827
4 Kayani B, Konan S, Ayuob A, Onochie E, Al-Jabri T, Haddad FS. Robotic technology in total knee arthroplasty: a systematic review. EFORT Open Rev 2019;4(10):611–617. Doi: 10.1302/2058-5241.4.190022
5 Siebert W, Mai S, Kober R, Heeckt PF. Technique and first clinical results of robot-assisted total knee replacement. Knee 2002;9(03):173–180. Doi: 10.1016/s0968-0160(02)00015-7
6 Song EK, Seon JK, Park SJ, Jung WB, Park HW, Lee GW. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty with robotic and conventional techniques: a prospective, randomized study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2011;19(07):1069–1076. Doi: 10.1007/s00167-011-1400-9
7 Liow MHL, Goh GSH, Wong MK, Chin PL, Tay DKJ, Yeo SJ. Robotic-assisted total knee arthroplasty may lead to improvement in quality-of-life measures: a 2-year follow-up of a prospective randomized trial. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2017;25(09):2942–2951. Doi: 10.1007/s00167-016-4076-3
8 Yang HY, Seon JK, Shin YJ, Lim HA, Song EK. Robotic total knee arthroplasty with a cruciate-retaining implant: a 10-year follow-up study. Clin Orthop Surg 2017;9(02):169–176. Doi: 10.4055/cios.2017.9.2.169
9 Cho KJ, Seon JK, Jang WY, Park CG, Song EK. Robotic versus conventional primary total knee arthroplasty: clinical and radiological long-term results with a minimum follow-up of ten years. Int Orthop 2019;43(06):1345–1354. Doi: 10.1007/s00264-018-4231-1
10 Zhang H, Chen J, Chen F, Que W. The effect of tranexamic acid on blood loss and use of blood products in total knee arthroplasty: a meta-analysis. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012;20(09):1742–1752. Doi: 10.1007/s00167-011-1754-z
11 Sadigursky D, Araujo LM, Fernandes RJC. Efficacy of Tranexamic Acid in Reducing Blood Loss in Total Knee Arthroplasty. Acta Ortop Bras 2018;26(01):63–66. Doi: 10.1590/1413-785220182601149210
12 Alshryda S, Sukeik M, Sarda P, Blenkinsopp J, Haddad FS, Mason JM. A systematic review and meta-analysis of the topical administration of tranexamic acid in total hip and knee replacement. Bone Joint J 2014;96-B(08):1005–1015. Doi: 10.1302/0301-620X.96B8.33745

13 Panteli M, Papakostidis C, Dahabreh Z, Giannoudis PV. Topical tranexamic acid in total knee replacement: a systematic review and meta-analysis. Knee 2013;20(05):300–309. Doi: 10.1016/j.knee.2013.05.014
14 Yang ZG, Chen WP, Wu LD. Effectiveness and safety of tranexamic acid in reducing blood loss in total knee arthroplasty: a meta-analysis. J Bone Joint Surg Am 2012;94(13):1153–1159. Doi: 10.2106/JBJS.K.00873
15 Ahmed I, Chawla A, Underwood M, et al. Infographic: Time to reconsider the routine use of tourniquets in total knee arthroplasty surgery. Bone Joint J 2021;103-B(05):828–829. Doi: 10.1302/0301-620X.103B5.BJJ-2021-0545
16 Stimson LN, Steelman KR, Hamilton DA, Chen C, Darwiche HF, Mehaidli A. Evaluation of Blood Loss in Conventional vs MAKOplasty Total Knee Arthroplasty. Arthroplast Today 2022;16:224–228. Doi: 10.1016/j.artd.2022.06.003
17 Fu X, She Y, Jin G, et al. Comparison of robotic-assisted total knee arthroplasty: an updated systematic review and meta-analysis. J Robot Surg 2024;18(01):292. Doi: 10.1007/s11701-024-02045-y
18 Fuji T, Fujita S, Tachibana S, Kawai Y. A dose-ranging study evaluating the oral factor Xa inhibitor edoxaban for the prevention of venous thromboembolism in patients undergoing total knee arthroplasty. J Thromb Haemost 2010;8(11):2458–2468. Doi: 10.1111/j.1538-7836.2010.04021.x
19 Pereira RT, Pentrado JPR, Bernardinetti M, Nogueira NIA, Tavares JP, Batista GJ. Modern orthopedics: the use of robotics in total knee arthroplasty. Res Soc Dev 2022;11(12):e521111234960. Doi: 10.33448/rsd-v11i12.34960
20 Xu J, Li L, Fu J, et al. Early clinical and radiographic outcomes of robot-assisted versus conventional manual total knee arthroplasty: a randomized controlled study. Orthop Surg 2022;14(09):1972–1980. Doi: 10.1111/os.13323
21 Yi Z, Yan L, Haibo S, et al. Effects of tourniquet use on clinical outcomes and cement penetration in TKA when tranexamic acid administrated: a randomized controlled trial. BMC Musculoskelet Disord 2021;22(01):126. Doi: 10.1186/s12891-021-03968-5
22 Hoeffel DP, Daly PJ, Kelly BJ, Giveans MR. Outcomes of the First 1,000 Total Hip and Total Knee Arthroplasties at a Same-day Surgery Center Using a Rapid-recovery Protocol. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev 2019;3(03):e022. Doi: 10.5435/JAAOS-Global-D-19-00022
23 Courtney PM, Boniello AJ, Berger RA. Complications Following Outpatient Total Joint Arthroplasty: An Analysis of a National Database. J Arthroplasty 2017;32(05):1426–1430. Doi: 10.1016/j.arth.2016.11.055
24 Wang JC, Piple AS, Hill WJ, et al. Computer-navigated and robotic-assisted total knee arthroplasty: increasing in popularity without increasing complications. J Arthroplasty 2022;37(12):2358–2364. Doi: 10.1016/j.arth.2022.06.014
25 Ofa SA, Ross BJ, Flick TR, Patel AH, Sherman WF. Robotic total knee arthroplasty vs conventional total knee arthroplasty: a nationwide database study. Arthroplast Today 2020;6(04):1001–1008.e3. Doi: 10.1016/j.artd.2020.09.014
26 Itou J, Kuwashima U, Itoh M, Okazaki K. Robotic-assisted total knee arthroplasty is not associated with increased risk of postoperative deep vein thrombosis. J Exp Orthop 2023 Jun 29;10(01):65. Doi: 10.1186/s40634-023-00628-6
27 Kayani B, Konan S, Tahmassebi J, Pietrzak JRT, Haddad FS. Roboticarm assisted total knee arthroplasty is associated with improved early functional recovery and reduced time to hospital discharge compared with conventional jig-based total knee arthroplasty: a prospective cohort study. Bone Joint J 2018;100-B(07):930–937. Doi: 10.1302/0301-620X.100B7.BJJ-2017-1449.R1
28 Aggarwal VA, Sun J, Sambandam SN. Outcomes following robotic assisted total knee arthroplasty compared to conventional total knee arthroplasty. Arch Orthop Trauma Surg 2024;144(05):2223–2227. Doi: 10.1007/s00402-024-05231-7