

Artículo original

doi: 10.35366/120451

Utilidad de la artroplastía total de rodilla asistida por robot en pacientes con canal femoral ocupado

*Utility of robotic-assisted total knee arthroplasty in patients with an occupied femoral canal*Ilizaliturri-Sánchez VM,^{*,‡} Rodríguez-Rodríguez IF,^{*,§} García-Ramos C^{*,¶}

Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Ciudad de México, México.

RESUMEN. Introducción: la presencia de implantes que ocupan el canal femoral es frecuente en pacientes que se someterán a una artroplastía total de rodilla (ATR). El uso de alineación electrónica o asistida por robot vuelve innecesario el uso de las guías intramedulares para la alineación del componente femoral en pacientes con canal femoral ocupado. **Material y métodos:** presentamos una cohorte prospectiva de 25 pacientes en quienes se realizó artroplastía total de rodilla asistida por robot que presentaban cirugía femoral previa ipsilateral resultando en canal femoral ocupado. **Resultados:** veintiún mujeres y cuatro hombres, con una media de edad de 62 años de edad fueron incluidos. Catorce rodillas izquierdas y 11 derechas; 22 pacientes tenían prótesis de cadera y tres osteosíntesis de fémur proximal. La alineación previa a la cirugía presentaba 16 rodillas con deformidad en valgo (promedio 11°, rango 3-22°) y nueve en varo (promedio 8.9°, rango 0.5-18.5°). La alineación de la artroplastía total de rodilla fue cinco en neutro (0° medidos), 11 en valgo de 1.3° (rango 0.5-3.5°) y nueve en varo de 1.5° (rango 0.5-2.5°). La media del valor de WOMAC prequirúrgico fue 43 puntos y postquirúrgico 14 puntos. **Conclusiones:** presentamos una cohorte de pacientes con grado moderado a severo de deformidad en varo y valgo con canal femoral ocupado en los que se utilizó alineación electró-

ABSTRACT. Introduction: the presence of implants that occupy the femoral canal is frequent in patients undergoing ipsilateral total knee replacement (TKR). The use of electronic alignment and robotic assistance make intramedullary alignment unnecessary and could be adequate in situations with an occupied femoral canal (OFC). **Material and methods:** we present a prospective cohort of 25 patients who underwent robotic alignment TKR and had prior ipsilateral surgery in the femur that resulted in occupied femoral canal. **Results:** we had 21 female, four male patients, with an average age of 62 years. There were 14 left knees, and 11 right knees. Twenty-two patients had a hip arthroplasty and three had femur osteosynthesis. Alignment prior to surgery was 16 valgus knees (average 11°, 3-22°) and nine varus knees (average 9.5°, 0.5-18.5°). TKR alignment was five neutral (0° as measured with the robot), 11 valgus 1.3° (range 0.5-3.5°) and 8 varus 1.5° (range 0.5- 2.5°). The average preoperative WOMAC scores was 43 points, postoperative 14 points. **Conclusions:** we present a cohort of patients with moderate to severe varus and valgus knee deformities with an occupied femoral canal that were electronic alignment during robot-assisted (RA) TKR without the use of an intramedullary alignment (IMA) rod. We conclude electronic alignment of TKR

Nivel de evidencia: III

* Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Ciudad de México, México.

‡ Jefe de la División de Reconstrucción Articular de Cadera y Rodilla.

§ Ortopedista y residente de Alta Especialidad en Reconstrucción Articular de Cadera y Rodilla.

¶ Médico adscrito.

Correspondencia:

Dr. Víctor Manuel Ilizaliturri-Sánchez

Av. México-Xochimilco Núm. 289, Col. Arenal de Guadalupe, Alcaldía Tlalpan, CP 14389, CDMX.

E-mail: vichip2002@yahoo.com.mx

Recibido: 16-01-2025. Aceptado: 22-04-2025.

Citar como: Ilizaliturri-Sánchez VM, Rodríguez-Rodríguez IF, García-Ramos C. Utilidad de la artroplastía total de rodilla asistida por robot en pacientes con canal femoral ocupado. Acta Ortop Mex. 2025; 39(4): 197-203. <https://dx.doi.org/10.35366/120451>



nica con ATR asistida por robot (AR) sin el uso de guías intramedulares. Concluimos que la alineación electrónica de artroplastía total de rodilla puede ser obtenida satisfactoriamente en pacientes con canal femoral ocupado.

Palabras clave: reemplazo robótico, rodilla, deformidad, varo, valgo.

can be performed successfully in patients with occupied femoral canal.

Keywords: robotic replacement, knee, deformity, varus, valgus.

Abreviaturas:

ATR = artroplastía total de rodilla

CFO = canal femoral ocupado

ENA = escala numérica del dolor

OKS = *Oxford Knee Score* (Escala de Rodilla de Oxford)

PROMs = *Patient-Reported Outcome Measures* (medidas de resultados informadas por los pacientes)

WOMAC = *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index* (índice de osteoartritis de las Universidades de Western Ontario y McMaster)

Introducción

La artroplastía total de rodilla (ATR) en fémures con cirugías ortopédicas e implantes previos es compleja debido a los cambios anatómicos y estructurales como el estrechamiento del canal medular¹ que dificulta la preparación y el fresado del mismo, lo que causa lateralización inadecuada, cementación deficiente, falsas vías, que puede provocar fracturas, acortamientos del miembro pélvico operado y pérdida del implante.^{1,2,3}

La obtención de una adecuada alineación durante la cirugía de la extremidad es indispensable para la supervivencia óptima de los componentes protésicos y la satisfacción funcional del paciente. Uno de los aspectos más relevantes de la ATR típicamente es la invasión del canal femoral y el uso subsiguiente de instrumentos intramedulares, ya que la forma más común de alineación del componente femoral en la ATR es mediante el uso de guías intramedulares, lo que puede provocar complicaciones como pérdida de sangre, hipoxia postoperatoria, fracturas intraoperatorias y embolia grasa.^{1,4}

El punto de entrada del orificio inicial para el canal medular habitualmente se realiza con una varilla intramedular de hasta 30 cm de longitud y 9 mm de diámetro, lo que presenta grandes limitaciones en su uso e incluso imposibilidad, en casos de deformidad ósea, secuelas de trauma o la presencia de material de osteosíntesis que ocupa el canal medular presentando un canal femoral ocupado (CFO), afectando así la capacidad de alineación del componente femoral con dicho método.^{5,6}

La alineación electrónica con asistencia de dispositivos robóticos para la artroplastía total de rodilla permite solucionar el problema ocasionado por el CFO debido a que el corte femoral distal se realiza con base en una planeación tridimensional digital que toma en cuenta la anatomía específica del paciente sin la necesidad de colocar dispositivos mecánicos dentro del canal medular.⁷

El uso de asistencia robótica ha proporcionado al cirujano una herramienta para lograr un eje mecánico postoperatorio más preciso en los planos coronal, sagital y alineación rotacional, lo cual contribuye a mejores resultados funcionales. Para los pacientes con CFO, la alineación electrónica puede ser no sólo un método para lograr una adecuada y precisa alineación, sino que puede ser ideal y constituir una indicación casi absoluta al omitir la necesidad de colocar una guía intramedular para la alineación del componente femoral.⁵

En el presente estudio evaluamos el resultado radiológico y funcional en pacientes a quienes se les realizó ATR asistida por robot con antecedente de CFO como consecuencia de la presencia de implantes ortopédicos (vástagos protésicos o material de osteosíntesis) ipsilateral en el período de Marzo de 2023 a Agosto de 2024.

Material y métodos

Estudio de tipo cohorte prospectivo con tamaño de muestra a conveniencia de 25 pacientes consecutivos a quienes se les realizó ATR asistida por robot entre Marzo de 2023 y Agosto de 2024, con antecedentes de artroplastía de cadera u osteosíntesis de fémur proximal ipsilateral diagnosticados con radiografías de rodilla en proyección anteroposterior, lateral a 30° y eje mecánico bipodálico en las que se observaron datos radiográficos compatibles con gonartrosis y presencia del canal femoral ocupado por implantes protésicos o de osteosíntesis del lado ipsilateral. Inicialmente se realizó la recolección de datos con aplicación del *Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC) y de la escala numérica del dolor (ENA). Posterior a la cirugía de ATR asistida por robot se realizó la recolección de datos postoperatorios de las escalas WOMAC, ENA y *Oxford Knee Score* (OKS) a tres meses.

Criterios de inclusión: pacientes que contaran con consentimiento informado, diagnóstico de gonartrosis grado III o IV según la clasificación de Kellgren y Lawrence, con antecedente de artroplastía de cadera u osteosíntesis en el fémur proximal ipsilateral.

Criterios de exclusión: pacientes a los que se les realizó colocación de prótesis por secuelas traumáticas a nivel de la rodilla, sujetos con patologías neurológicas que alteren la capacidad de marcha.

Criterios de eliminación: pacientes que no acudieron al seguimiento o decidieran salir del estudio.

El brazo robótico utilizado fue *Rosa Knee System* (Zimmer-Biomet, Warsaw, Indiana, USA) con la colocación de prótesis total primaria cementada Vanguard (Zimmer-Biomet, Warsaw, Indiana, USA).

La cirugía fue realizada por el mismo cirujano con más de 20 años de experiencia, quien llevó a cabo la técnica quirúrgica convencional.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS 20.0. Se determinó normalidad de la muestra mediante Shapiro-Wilk, t de Student para muestras relacionadas y t de Student para muestras independientes. Se estableció un valor de $p < 0.05$ como diferencia significativa.

Resultados

Se obtuvo una muestra total de 25 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, la muestra contaba con las siguientes características sociodemográficas (*Tabla 1*), la media de edad fue 63.92 ± 17.39 años en un rango de 30 a 87 años, 84% (21/25) fueron pacientes del sexo femenino, la rodilla más afectada fue izquierda en 56% (14/25), 48% de la muestra (12/25) presentó alguna patología agregada como displasia del desarrollo de la cadera o patologías autoinmunes como artritis reumatoide, 22 de los pacientes contaban con implantes protésicos para artroplastia de cadera y tres con material de osteosíntesis.

Nueve casos presentaron deformidad en varo (*Figura 1*) con un promedio de 8.89° . La alineación final resultante en cinco casos fue de 2.3° de varo en promedio, dos casos finalizaron con alineación neutra y dos con valgo de 1° .

Tabla. 1: Características de la muestra (N = 25).

Parámetro	n = 25 (%)	Sig.
Edad [años]*	63.92 ± 17.39	0.04
Sexo		
Femenino	21 (84)	0.001
Masculino	4 (16)	
Lateralidad		
Izquierdo	14 (56)	0.001
Derecho	11 (44)	
Otras patologías		
Enfermedad reumatológica	10 (40)	0.001
DDC	2 (8)	
Deformidad		
Varo	9 (36)	0.001
Valgo	16 (64)	
Tiempo quirúrgico [horas]*	1.09 ± 0.149	0.001
Tipo de estabilización de la prótesis		
Retención de cruzado	10 (40)	0.001
Posteroestabilizada	15 (60)	
Implante de cadera		
Osteosíntesis	3 (12)	0.001
Prótesis primaria	21 (84)	
Prótesis de revisión	1 (4)	

DDC = displasia del desarrollo de cadera.

* Valores expresados en media \pm desviación estándar.

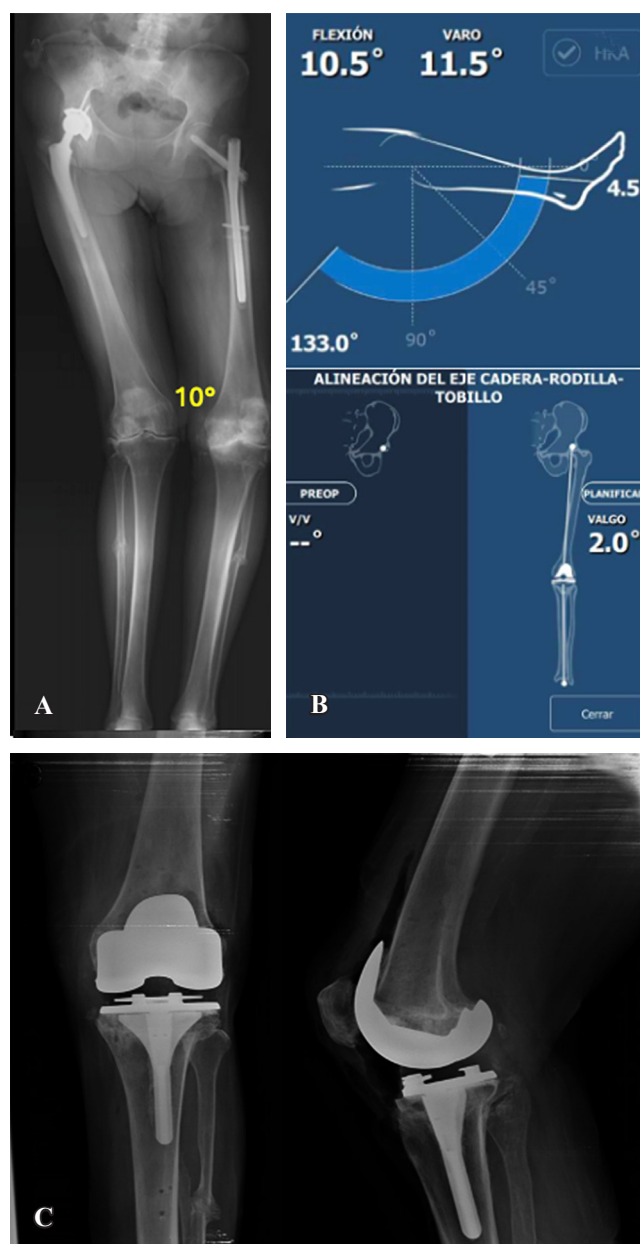


Figura 1: A) Eje mecánico de los miembros inferiores de un caso con un clavo centromedular de cadera izquierda y deformidad angular de rodilla en varo de 10° en la rodilla ipsilateral. B) Análisis de movilidad y alineación postoperatoria con cirugía robótica (rango de movilidad de 4.5 a 133°) y alineación final en valgo de 2° . C) Radiografía postoperatoria con prótesis de rodilla estabilizada posterior y vástago tibial de 80 mm.

Dieciséis casos presentaron deformidad en valgo (*Figuras 2 y 3*) con un promedio de 11.88° de deformidad. En cuatro casos la alineación final fue en varo con un promedio 1.87° ; en nueve la alineación final fue con un valgo promedio de 1.66° y en tres casos la alineación fue neutra. El cambio en los grados promedio de la serie entre la deformidad inicial y la alineación final fue estadísticamente significativo ($p = 0.005$) en el análisis de covarianza.

En el análisis pre y postoperatorio de los cuestionarios de escalas funcionales realizados por los pacientes, se encontró mejoría tal como se observa en la *Tabla 2*.

De acuerdo al tipo de deformidad, los casos fueron divididos en dos grupos: leve, una deformidad menor a 10°; y moderada-severa, una deformidad igual o mayor a 10°. Se encontró una mejoría similar de la puntuación de WOMAC total postquirúrgico en ambos grupos, independientemente de la severidad inicial como se muestra en las *Tablas 2 y 3*.



Figura 2: A) Eje mecánico de los miembros inferiores de un caso con un vástago de longitud convencional de artroplastía no cementada de cadera derecha y deformidad angular de rodilla en valgo de 16° en la rodilla ipsilateral. B) Análisis de movilidad y alineación postoperatoria con cirugía robótica (rango de movilidad de 1 a 146°) y alineación final en valgo de 1°. C) Radiografía postoperatoria con prótesis de rodilla estabilizada posterior y vástago tibial de 80 mm.

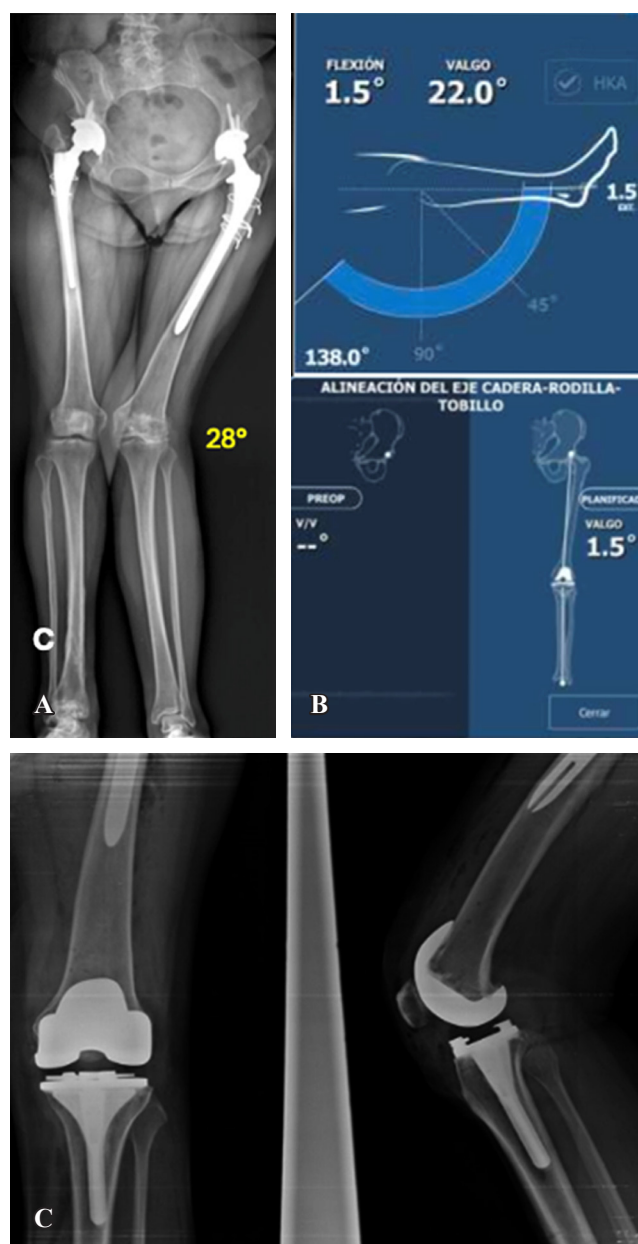


Figura 3: A) Eje mecánico de los miembros inferiores de un caso con un vástago para artroplastía de revisión no cementada de cadera izquierda y deformidad angular de rodilla en valgo de 28° en la rodilla ipsilateral. B) Análisis de movilidad y alineación postoperatoria con cirugía robótica (rango de movilidad de 1.5 a 138°) y alineación final en valgo de 1.5°. C) Radiografía postoperatoria con prótesis de rodilla estabilizada posterior y vástago tibial de 80 mm.

Mientras que la escala OKS postquirúrgica indicó 41.12 ± 3.67 puntos, lo que representa buena función.

Discusión

Tradicionalmente, se han utilizado técnicas manuales para la alineación correcta de los componentes en la ATR. Las guías intramedulares se han usado tanto para el fémur como para la tibia. Las guías de alineación extramedulares

han sido más comúnmente empleadas en la tibia. La alineación electrónica se ha utilizado hace por lo menos dos décadas con técnicas de navegación y ha sido integrada más recientemente a los protocolos de cirugía robótica, evitando así la necesidad de colocar guías intra o extramedulares.⁸

Se ha mencionado previamente que, en los pacientes con CFO, el uso de guías intramedulares se ve limitado o imposibilitado por la presencia de implantes protésicos o material de osteosíntesis. Las guías intramedulares cortas se han utilizado como una opción para la alineación de la ATR manual en combinación con fluoroscopia en pacientes con antecedente de artroplastía de cadera ipsilateral, Webb y colaboradores⁹ reportaron que, si se logra colocar la guía corta en el tercio medio o distal de la diáfisis, se puede lograr una alineación adecuada del componente femoral con 1° de diferencia en la alineación con lo planeado cuando lo compararon con el uso de guías manuales sin obstrucción en el canal femoral.

El uso de guías extramedulares (EM) se ha presentado como una alternativa al uso de guías intramedulares (IM) y se ha sugerido su uso en pacientes con presencia de implantes intramedulares o retenidos en el fémur distal, pero gran parte de su precisión depende del uso en combinación con fluoroscopia, lo que puede añadir dificultad a la técnica y verse reflejado en el resultado de la alineación del componente femoral, además de utilizar radiación.^{5,10}

La navegación se presenta como otra opción viable en pacientes con CFO. Hamada y asociados¹¹ realizaron un reporte de casos donde mencionaron que el uso de sistemas de navegación asistida por computadora sin imágenes puede calcular el eje mecánico, utilizando referencias anatómicas para colocar el componente femoral protésico con alineación adecuada sin interferencia del material de osteosíntesis retenido en el fémur distal.

La cirugía asistida por dispositivos robóticos ha proporcionado una herramienta útil para mejorar la corrección del eje de la extremidad y la alineación de los componentes mediante una resección ósea y un equilibrio ligamentario más exactos y reproducibles al ser planeados mediante el software del robot.⁵ Para realizar la planeación tridimensional, se utilizan rastreadores que están fijos en fémur distal y tibia proximal; los puntos de referencia óseos femorales y tibiales se adquieren con un puntero que también tiene rastreadores. El eje mecánico de la extremidad se determina con el centro de la cabeza femoral, el punto de entrada del canal femoral distal, el centro de la plataforma tibial y el centro del tobillo. Con el uso de esta técnica no son necesarias las varillas de alineación.¹²

En el estudio realizado se presenta que la asistencia robótica y la navegación electrónica pueden ayudar al cirujano a lograr una alineación precisa y una colocación

Tabla 2: Resultados de escalas funcionales serie completa.

Escala	Valoración		p
	Prequirúrgica Media ± DE	Postquirúrgica Media ± DE	
WOMAC			
Dolor	8.72 ± 3.70	2.28 ± 2.24	0.001*
Rigidez	3.32 ± 1.95	1.04 ± 1.13	0.001*
Función	31.16 ± 11.29	10.96 ± 7.61	0.001*
Total	43.20 ± 15.19	14.28 ± 10.26	0.001*
ENA	6.28 ± 1.96	1.72 ± 2.01	0.001*

ENA = escala numérica del dolor. WOMAC = *Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index*.
* p < 0.05. Prueba de t pareada.

Tabla 3: Escalas de función clínica. Diferencia entre grupos.

Escala WOMAC	Deformidad (varo y valgo)			
	Leve		Moderada-severa	
	Media ± DE	p	Media ± DE	p
Dolor	5.222 ± 4.631	0.010*	7.125 ± 3.384	0.000*
Rigidez	1.667 ± 1.732	0.020*	2.625 ± 2.156	0.000*
Función	19.667 ± 8.411	0.000*	20.500 ± 10.532	0.000*
Total	26.556 ± 11.674	0.000*	30.250 ± 14.567	0.000*

Deformidad leve se refiere a < 10° y moderada-severa a > 11°.
DE = desviación estándar. WOMAC = *Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index*.
* p < 0.05. Prueba de t de Student para muestras independientes.

adecuada de los componentes en pacientes que no tienen acceso para las guías IM por CFO. Presentamos una cohorte de pacientes con presencia de implantes protésicos y de osteosíntesis con CFO sometidos a ATR ipsilateral. En nuestra serie encontramos nueve pacientes con deformidad en varo con rango de 0.5-19.5° (media de 8.89°) y 16 con deformidad en valgo entre 2 y 22° con media de 11.88°; 12 rodillas con una deformidad igual o mayor a 10° considerados en la clasificación de Ranawat como moderados y severos. La alineación electrónica resultante fue, en promedio, de 3.5° de varo y 3° de valgo; incluso con cinco pacientes en los cuales se obtuvo una alineación neutra medida por el software del dispositivo robótico, lo que se considera dentro de los parámetros aceptados para favorecer la supervivencia óptima de los componentes. También hay que tomar en cuenta que nuestra técnica no fue la alineación anatómica, sino una alineación híbrida.¹³ Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Alrajeb y colaboradores¹⁴ en su metaanálisis, donde se identificó como principal hallazgo una mejora significativa en la restauración de la alineación mecánica en pacientes sometidos a ATR asistida por robot, en comparación con aquellos operados mediante métodos basados en guías. Esta superioridad en la precisión probablemente se relacione con el mejor balanceo ligamentario que permite la tecnología robótica durante la intervención.

De forma complementaria, el estudio de Cho y asociados¹⁵ evidenció que, si bien ambos grupos (ATR robótica y manual) alcanzaron buenos resultados radiológicos, la proporción de valores atípicos en el eje mecánico y en la posición del implante fue significativamente mayor en el grupo tratado con técnica manual. Esto sugiere una mayor consistencia y confiabilidad en la obtención de una alineación neutra de la extremidad con la utilización de asistencia robótica.

Cuando se utiliza la alineación electrónica no es necesario el uso de fluoroscopia, como ha sido descrito en combinación con el uso de guías de alineación cortas o guías extramedulares.^{5,9,10} Esto es una clara ventaja de la alineación electrónica.

Se indica que los resultados clínicos y funcionales suelen ser estadísticamente similares entre los grupos de ATR asistida por robot y la artroplastía total convencional o manual. Metaanálisis y estudios individuales no reportan diferencias significativas en las medidas de resultados informadas por los pacientes (PROMs), como el puntaje WOMAC, KSS (*Knee Society Score*), puntaje HSS (*Hospital for Special Surgery [HSS] Knee Score*) y el rango de movimiento entre ambos grupos en muchos casos.¹⁵

En nuestra cohorte, los resultados de WOMAC al último seguimiento fueron de 14.28 ± 10.26 , lo que demuestra una mejoría estadísticamente significativa ($p = 0.001$) comparado con el WOMAC preoperatorio 43.20 ± 15.19 . En cuanto al ENA del último seguimiento, el resultado fue, en promedio, de 1.72 ± 2.01 para toda la serie, con una mejora estadísticamente significativa ($p = 0.001$) en comparación con el puntaje preoperatorio de 6.28 ± 1.96 .

Respecto a la deformidad inicial de forma postoperatoria, se vio que la puntuación de WOMAC al último seguimiento presentó una mejoría similar independiente de si los pacientes pertenecían al grupo leve o moderado-severo.

En el estudio realizado por Hax J y su equipo,¹⁶ en el que evaluaron la precisión de la ATR asistida por robot comparando sus resultados radiográficos y clínicos con los de la técnica manual, ambos grupos mostraron mejoras sostenidas en todas las PROMs a los seis meses. El estudio concluyó que los resultados radiológicos y clínicos fueron comparables entre los grupos, pero los pacientes femeninos sometidos a ATR con asistencia robótica lograron mejores resultados a corto plazo en cuanto a dolor y discapacidad.

Estos resultados sugieren que, si bien la cirugía asistida por robot no necesariamente ofrece ventajas superiores en términos de resultados clínicos percibidos por el paciente en comparación con la cirugía manual, sí permite alcanzar mejoras sustanciales en la funcionalidad del paciente como se presenta con las ATR con técnica manual.

En la literatura es poca la información que se encuentra respecto a cómo realizar la alineación del componente femoral en pacientes con antecedentes de implantes protésicos o de osteosíntesis en el fémur. El uso de sistemas asistidos por robot o navegación eliminan la distinción respecto a los resultados en la alineación entre el uso de las distintas técnicas con uso de dispositivos mecánicos, por lo que en pacientes con CFO se vuelve una opción adecuada para la realización de ATR con la que se obtiene una alineación final óptima para la supervivencia de los componentes protésicos.

En nuestro estudio existe la limitación de que presentamos una cohorte consecutiva de pacientes con CFO sometidos a ATR ipsilateral con alineación electrónica, sin contar con un grupo control que haya sido intervenido con una técnica de alineación manual en presencia de CFO. Sin embargo, con base en la revisión de la literatura, observamos que el uso de alineación electrónica por medio de asistencia robótica presenta resultados adecuados y comparables con los reportados para alineación manual con guías acortadas, extramedulares y navegación simple en los pacientes con CFO.

Conclusiones

Presentamos una cohorte con grado moderado a severo de deformidad en varo y valgo de acuerdo con la clasificación de Ranawat con CFO en los que se utilizó alineación electrónica con ATR asistida por robot sin el uso de una guía intramedular. Concluimos que el uso de alineación electrónica asistida por robot es una indicación en los pacientes que tienen CFO secundario a material protésico o de osteosíntesis ipsilateral. Haciendo posible una adecuada alineación con excelentes resultados funcionales en pacientes con estas características.

Referencias

1. Lin SY, Chen CH, Huang PJ, Fu YC, Huang HT. Computer-navigated minimally invasive total knee arthroplasty for patients with retained implants in the femur. *Kaohsiung J Med Sci*. 2014; 30(8): 415-21.
2. Sanders TL, Maradit Kremers H, Schleck CD, Larson DR, Berry DJ. Subsequent total joint arthroplasty after primary total knee or hip arthroplasty: a 40-year population-based study. *J Bone Joint Surg Am*. 2017; 99(5): 396-401.
3. Shao Y, Zhang C, Charron KD, Macdonald SJ, McCalden RW, Bourne RB. The fate of the remaining knee(s) or hip(s) in osteoarthritic patients undergoing a primary TKA or THA. *J Arthroplasty*. 2013; 28(10): 1842-5.
4. Tang Q, Shang P, Zheng G, Xu HZ, Liu HX. Extramedullary versus intramedullary femoral alignment technique in total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2017; 12(1): 82.
5. A B, A M, N C. Computer-assisted versus intramedullary and extramedullary alignment system in total knee replacement: Long term follow-up. *J Clin Orthop Trauma*. 2019; 10(3): 555-9.
6. Shichman I, Rajahraman V, Chow J, Fabi DW, Gittins ME, Burkhardt JE, et al. Clinical, radiographic, and patient-reported outcomes associated with a handheld image-free robotic-assisted surgical system in total knee arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. 2023; 54(2): 141-51.
7. Khlopas A, Sodhi N, Sultan AA, Chughtai M, Molloy RM, Mont MA. Robotic arm-assisted total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2018; 33(7): 2002-6.
8. Blakeney WG, Khan RJ, Wall SJ. Computer-assisted techniques versus conventional guides for component alignment in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93(15): 1377-84.
9. Webb BT, Ulrich SD, MacKinlay KGW, Smith LS, Malkani AL. Use of shorter intramedullary guide for ipsilateral total knee arthroplasty following prior total hip arthroplasty. *J Knee Surg*. 2018; 31(4): 348-51.
10. Tecame A, Gambineri A, Za P, Adravanti P. Is the femoral intramedullary alignment already actual in total knee arthroplasty? *J Exp Orthop*. 2023; 10(1): 16.
11. Hamada D, Egawa H, Goto T, Takasago T, Takai M, Hirano T, et al. Navigation-assisted total knee arthroplasty for osteoarthritis with extra-articular femoral deformity and/or retained hardware. *Case Rep Orthop*. 2013; 2013: 174384.
12. Batailler C, Hannouche D, Benazzo F, Parratte S. Concepts and techniques of a new robotically assisted technique for total knee arthroplasty: the ROSA knee system. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2021; 141(12): 2049-58.
13. Sheth NP, Husain A, Nelson CL. Surgical techniques for total knee arthroplasty: measured resection, gap balancing, and hybrid. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017; 25(7): 499-508.
14. Alrajeb R, Zarti M, Shuia Z, Alzobi O, Ahmed G, Elmhiregh A. Robotic-assisted versus conventional total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2024; 34(3): 1333-43.
15. 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(6): 1345-54.
16. Hax J, Leuthard L, Baumann G, Preiss S, Stadelmann VA, Worlicek M. Comparable results in total knee arthroplasty using the ROSA knee system versus the conventional technique: A retrospective propensity-matched cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2024; 32(12): 3239-51.