



Universidad
Zaragoza

MÉTODOS DE ALINEACIÓN EN ARTROPLASTIA TOTAL DE RODILLA, REVISIÓN SISTEMÁTICA

Methods of alignment in total knee arthroplasty, systematic review

TRABAJO FIN DE GRADO
FACULTAD DE MEDICINA · GRADO EN MEDICINA
CURSO 2022-2023

Alumno

Juan Segura Nuez

Director

Carlos Martín Hernández

Jefe de servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología

HUMS

ÍNDICE

RESUMEN	2
PALABRAS CLAVE	2
ABSTRACT	3
KEY WORDS	3
INTRODUCCIÓN	4
MÉTODOS DE ALINEACIÓN	5
ALINEACIÓN MECÁNICA	5
ALINEACIÓN MECÁNICA AJUSTADA.....	7
ALINEACIÓN ANATÓMICA	7
ALINEACIÓN CINEMÁTICA.....	7
ALINEACIÓN CINEMÁTICA RESTRICTIVA.....	9
ALINEACIÓN CINEMÁTICA INVERTIDA.....	10
ALINEACIÓN FUNCIONAL.....	10
MATERIAL DISEÑADO A MEDIDA PARA EL PACIENTE.....	10
EVALUACIÓN DE RESULTADOS CLÍNICOS	11
EVALUACIÓN DE RESULTADOS RADIOLÓGICOS	12
JUSTIFICACIÓN	14
OBJETIVOS	14
MATERIAL Y MÉTODOS	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	26
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31

RESUMEN

Introducción: Aunque la artroplastia total de rodilla es una intervención muy frecuente, uno de cada cinco pacientes no queda completamente satisfecho, cifra relativamente alta en comparación con el porcentaje de satisfacción de la artroplastia de cadera. La técnica de elección en la artroplastia de rodilla es la alineación mecánica. Sin embargo, bajo la filosofía de que la rodilla original no está alineada de forma completamente perpendicular al eje mecánico del fémur, se han desarrollado diversas técnicas que tratan de replicar la alineación constitucional de los pacientes, buscando mejorar los resultados clínicos de las prótesis.

Objetivos: El propósito de este trabajo es realizar una revisión sistemática de la literatura existente comparando los resultados clínicos y radiológicos de los diversos métodos de alineación (cinemática, anatómica, funcional) con la técnica de elección (mecánica).

Material y métodos: Se ha llevado a cabo una revisión sistemática de ensayos clínicos y estudios observacionales que comparan los resultados de cuestionarios funcionales (WOMAC, OKS, KSS, KOOS, FJS), radiológicos (HKA, mLDFA, MPTA, JLOA, rotación femoral y el ángulo de pendiente tibial posterior) y el rango de movimiento de la rodilla (ROM) entre los diferentes métodos de alineación.

Resultados: Aunque los resultados no son consistentes en todos los estudios incluidos, se observa una tendencia a obtener mejores puntuaciones en los cuestionarios funcionales en las alineaciones funcional y cinemática (y sus modalidades, restrictiva e invertida) respecto a la alineación mecánica; con una tasa de complicaciones similar en todos los métodos estudiados. La alineación anatómica no muestra diferencias clínicas significativas con la mecánica.

Conclusiones: La alineación cinemática es una alternativa válida o incluso superior a la mecánica en los pacientes incluidos en los estudios de la revisión. Sin embargo, esta superioridad no parece ser suficiente para explicar el alto porcentaje de pacientes insatisfechos, y sería necesario realizar estudios con criterios de inclusión y de exclusión que reflejen con mayor fidelidad las condiciones de la práctica quirúrgica diaria. Clasificar a los pacientes según su fenotipo de rodilla sería útil para observar si algún método de alineación muestra superioridad en función de la desviación constitucional de la extremidad de los pacientes.

PALABRAS CLAVE

Artroplastia total de rodilla; alineación mecánica; alineación cinemática; alineación anatómica; alineación funcional; fenotipos de la rodilla.

ABSTRACT

Background: Although total knee arthroplasty is a very frequent surgery, one in five patients is not completely satisfied, which is a relatively high percentage compared to the satisfaction rates in hip arthroplasty. Mechanical alignment is the gold standard method. However, in order to improve clinical outcomes, new techniques that aim to rebuild the native alignment of the knee have been developed, given that it is thought that the pre-surgical knee line is not completely perpendicular to the mechanical axis of the femur.

Purpose: The aim of this study is to perform a systematic review of the available clinical trials and observational studies comparing clinical and radiological outcomes of different methods of alignment (kinematic, anatomic, functional) to the gold standard (mechanical alignment).

Methods: A systematic review is performed comparing results of patient reported outcome measures (PROMs) questionnaires (WOMAC, OKS, KSS, KOOS, FJS), radiological angles (HKA, mLDFA, MPTA, JLOA, femoral rotation and tibial slope) and range of motion (ROM).

Results: Kinematic (including restricted kinematic and inversed kinematic) and functional alignment show a slight tendency to obtain better PROMs compared to mechanical alignment. Complication rates were not significantly different between groups. Nevertheless, these results are not consistent in every study. Anatomic alignment showed no significant differences compared to mechanical alignment.

Conclusions: Kinematic alignment is an equal or slightly better alternative than mechanical alignment for patients included in this study. However, the difference between methods does not seem to be enough to explain the high percentage of dissatisfied patients. Studies implementing lax inclusion and exclusion criteria would be needed to resemble conditions of patients assisted in daily surgical practice. It would be interesting to study patient's knee phenotypes, in order to notice if any method of alignment is significantly better for any constitutional deviation.

KEY WORDS

Total knee arthroplasty; mechanical alignment; kinematic alignment; anatomic alignment; functional alignment; knee phenotypes.

INTRODUCCIÓN

La artroplastia total de rodilla consiste en la sustitución de la articulación de la rodilla por una prótesis, habitualmente en pacientes con gonartrosis. Sus principales objetivos son recuperar la función normal de la articulación y la desaparición del dolor. (1)

En España, se estima que se realizan 25.000 artroplastias de rodilla al año, constituyendo una de las intervenciones quirúrgicas más frecuentes en nuestro país. Además, el envejecimiento progresivo de la población y la mayor esperanza de vida han aumentado la prevalencia de artrosis y, con ello, el número de artroplastias de rodilla realizadas. Se prevé que este incremento sea mayor en el futuro. (1)

Sin embargo, en torno a un 20% de los pacientes con artroplastia total de rodilla no complicada quedan insatisfechos, cifra relativamente elevada cuando se compara con intervenciones similares como la artroplastia de cadera. (2,3)

Se han descrito múltiples causas que podrían explicar este porcentaje de insatisfechos, como factores propios del paciente (edad y expectativas de resultado), dolor residual, limitación residual de la función y del rango de movimiento de la rodilla, y la técnica quirúrgica. La consecución de buenos resultados clínicos y funcionales a largo plazo en una artroplastia total de rodilla depende de varios factores, entre los que hay que destacar la correcta alineación del implante y el balance adecuado de las partes blandas. (4)

Cuando se comenzó a implantar la técnica se desarrollaron diversos métodos de alineación de la prótesis con respecto al eje mecánico de la rodilla. Entre ellos, el sistema de alineación mecánica nació con la teoría de que, al alinear los componentes protésicos de forma perpendicular al eje de carga, se aseguraría una mayor duración del material protésico colocado, ya que se produciría un reparto equitativo de la carga en ambos compartimentos de la rodilla. Esta alineación mecánica continúa siendo la técnica de elección hoy en día.

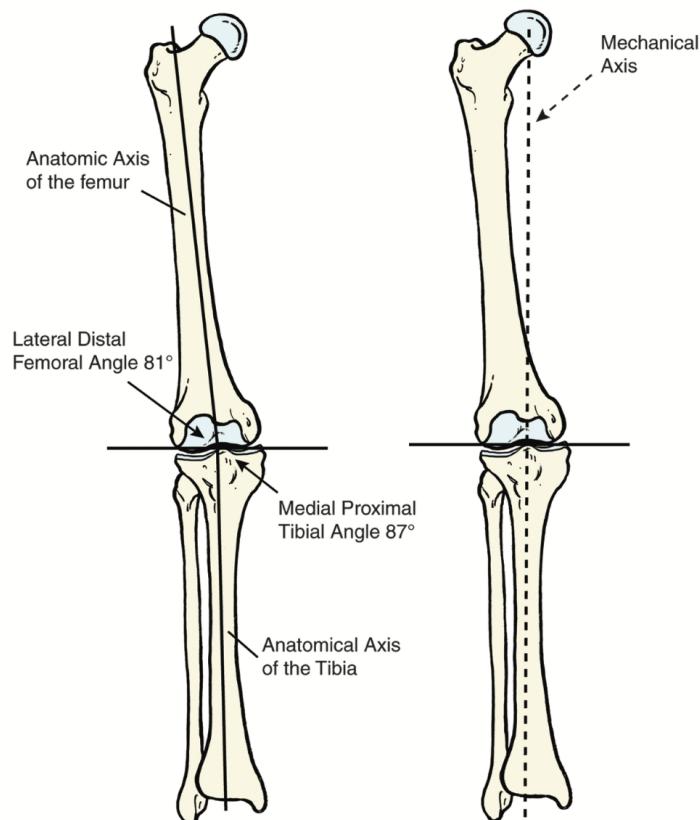
No obstante, mediante la búsqueda de reducir el porcentaje de pacientes insatisfechos, y bajo la filosofía de que la rodilla nativa no está alineada de forma perpendicular al eje mecánico, se han desarrollado nuevos métodos de alineación.

MÉTODOS DE ALINEACIÓN

ALINEACIÓN MECÁNICA

La alineación mecánica busca restablecer el eje mecánico de la extremidad inferior: la línea recta que se traza desde el centro de la cabeza femoral hasta el centro de la articulación del tobillo, pasando por el centro de la región intercondílea del fémur y el centro de la meseta tibial. Se busca que la línea articular mantenga un eje de $180^\circ \pm 3^\circ$, con 3° de rotación externa del componente femoral respecto del tibial, con la rodilla a 90° de flexión. (5) Este método de alineación pretende alinear frontal y axialmente el componente femoral con el eje epicondilar, que originalmente se creía que era el eje de flexo-extensión de la rodilla nativa; creando una línea articular femorotibial perpendicular al eje mecánico neutro de la extremidad, alineando frontalmente el mecanismo extensor. Este posicionamiento del implante se ha recomendado para evitar la inestabilidad de la rótula, para generar menos limitaciones y para que las cargas queden uniformemente distribuidas entre los compartimentos tibiales con el fin de evitar el desgaste acelerado del polietileno y el aflojamiento precoz del implante. Este método no busca reconstruir la alineación específica que presenta cada paciente, sino colocar una prótesis que funcione bien biomecánicamente, priorizando la estabilidad de la prótesis por encima de la función anatómica. Para lograr este objetivo, puede ser necesario equilibrar las partes blandas mediante liberaciones tendinosas y ligamentosas. (6)

Figura 1. Eje anatómico (izquierda) y eje mecánico (derecha). (7)



Al ser el primer método desarrollado y la técnica de elección hasta el momento, cuenta con una serie de ventajas: la familiaridad de la técnica, la reproductibilidad, resultados conocidos a largo plazo y el reparto equitativo de cargas. Además, los implantes colocados habitualmente están diseñados para este tipo de alineación.

Sin embargo, cuenta con una serie de inconvenientes que han impulsado el desarrollo de nuevas técnicas:

En primer lugar, simplifica en exceso la biomecánica de la rodilla. Se limita a valorar la alineación en torno al eje mecánico, sin tener en cuenta otros aspectos.

En segundo lugar, en ocasiones se producen dificultades para equilibrar el espacio articular en flexión y en extensión.

En tercer lugar, si nos fijamos en los ejes anatómicos del fémur y la tibia (líneas que pasan por el centro de sus respectivos canales endomedulares), el eje anatómico de la rodilla en la mayoría de los pacientes queda definido con una desviación de 9° de valgo y la tibia con 3° de varo respecto al eje mecánico. En consecuencia, se produce un desequilibrio de los tejidos blandos si se establece un eje mecánico, requiriendo modificar tendones y ligamentos mediante liberación o aumento de tensión. (7)

En cuarto lugar, hay estudios que señalan que cuando se coloca el componente protésico en un paciente que constitucionalmente tiene un varo tibial mayor de 3° (8) o un valgo femoral $\geq 8^\circ$ (9), aumentan las tasas de aflojamiento de la prótesis. También se ha observado un mayor desgaste del polietileno si existe genu varo $> 5^\circ$. (10) Además, al intervenir rodillas varas, se produce una resección insuficiente del cóndilo femoral externo, alterando la biomecánica patelar y produciendo una sobrecarga en flexión. De esta forma, también existe la hipótesis de que la inestabilidad rotuliana influye en la insatisfacción de algunos pacientes.

En relación al estudio de Collier *et al* (10), es relevante señalar la alta frecuencia de varo constitucional. Por la ley de Hueter-Volkmann, el crecimiento de la fisis se enlentece por la compresión y se estimula por las fuerzas de tensión, por lo que el deporte en etapas de crecimiento, en el que se sobrecarga la meseta tibial medial, se ha relacionado con el varo constitucional. Se estima que el 32% de los varones y el 17% de las mujeres presentan una desviación $> 3^\circ$ en varo de su eje mecánico. (11)

ALINEACIÓN MECÁNICA AJUSTADA

Una de las técnicas desarrolladas es la modificación de la alineación mecánica, para pacientes que presenten una deformidad grave en el plano coronal. El componente tibial se alinea mecánicamente; mientras que, el femoral, se modifica hasta corregir el varo o valgo del paciente, permitiendo un máximo de 3º. (6)

ALINEACIÓN ANATÓMICA

Introducida en los años 80 por Hungerford y Krackow. (12) Busca la obtención sistemática de una línea articular oblicua 2-3º de valgo respecto al eje mecánico de la extremidad. Con su implantación, se han desarrollado prótesis en cuyo diseño se incluye la oblicuidad de 3º, por lo que la intervención se realiza igual que en la alineación mecánica. (6)

ALINEACIÓN CINEMÁTICA

La alineación cinemática busca restaurar la articulación natural ajustando los componentes femoral y tibial a los tres ejes cinemáticos de la rodilla (7,13):

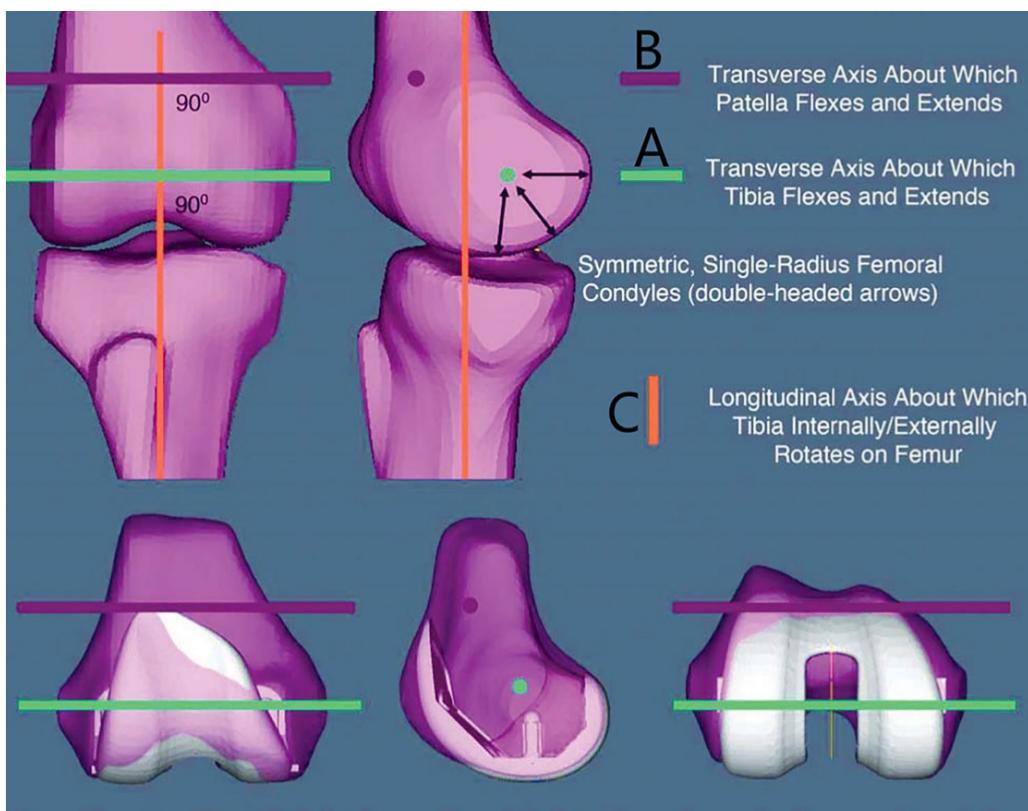
Primero, se definen dos ejes transversos en el fémur, el eje de flexión de la tibia y el eje de flexión de la rótula:

Observando el cóndilo femoral lateral de forma que quede superpuesto sobre el medial, y al observar el medial de forma que quede superpuesto sobre el lateral, se realiza en ambos cóndilos un círculo del mismo radio. La línea recta que conecta el centro de ambos círculos es el eje sobre el cual se produce la flexión y extensión de la tibia.

El eje paralelo al anterior, pero 10 milímetros proximal y 12 milímetros anterior, es el eje en torno al cual se produce la flexión de la rótula.

Finalmente, se define un eje longitudinal de la tibia, alrededor del cual la tibia rota hacia el exterior o el interior. Es un eje perpendicular a los dos anteriores.

Figura 2: Ejes cinemáticos de la rodilla: Flexión tibial (verde, A), flexión rotuliana (morado, B) y rotación tibial (naranja, C). (14)

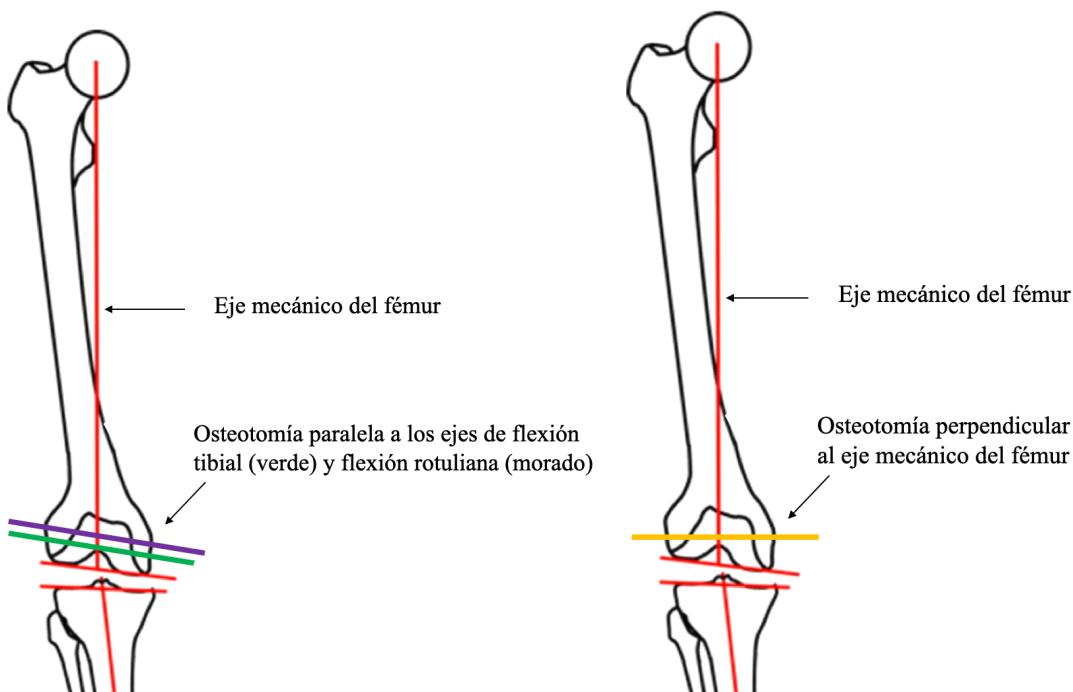


En la intervención, se realiza una prueba con un componente femoral con el mismo radio tanto para el cóndilo medial como para el lateral, de forma que se mantenga la cinemática de la rodilla y no sea necesario modificar los tejidos blandos.

Posteriormente, se realizan osteotomías paralelas a los ejes descritos. Se mide el grosor del tejido resecado hasta que, ajustado por el grosor de la sierra y el desgaste del cartílago sufrido, coincida con el grosor del material protésico. La osteotomía tibial se realiza perpendicular al eje del canal medular de la tibia. Así, se conseguiría una articulación con la misma orientación que presentaba previa a la artrosis.

Típicamente, el desgaste suele ser menor de 2 milímetros en la zona distal del cóndilo y menor de 1 milímetro en la zona posterior; y se calcula 1 milímetro de ajuste por el grosor de la sierra. Por tanto, si, por ejemplo, se quiere reconstruir una rodilla con un componente protésico femoral de 8 milímetros de grosor, se realizarían osteotomías de 5-6 milímetros en la zona distal del cóndilo desgastado (y 7 milímetros en el no desgastado); y de 6 milímetros en la zona posterior de un cóndilo desgastado (7 milímetros en el no desgastado).

Figura 3: Comparación de la osteotomía femoral en la alineación cinemática (izquierda, paralelo a los ejes morado y verde) y la mecánica (derecha, en amarillo). Imagen modificada de Hirschmann *et al.* (15)



De media, con el método cinemático se obtiene una alineación desviada dentro de los límites mencionados anteriormente en los que no se observaba mayor desgaste de polietileno. (10)

Junto con el respeto de la anatomía de cada paciente, la alineación cinemática tiene la ventaja de respetar la tensión nativa de los ligamentos y tendones.

Sin embargo, los resultados respecto a otras posibles ventajas, como el dolor residual, el aumento de la función y la movilidad de la rodilla y la mayor rapidez en la recuperación, son controvertidos. Hasta el momento no está demostrada la superioridad de esta técnica, y en su inicio se observaron unos malos resultados que se asociaron al mal diseño del material, ya que las prótesis estaban fabricadas de acuerdo con el modelo mecánico. (5)

ALINEACIÓN CINEMÁTICA RESTRICTIVA

Consiste en la aplicación de la alineación cinemática manteniendo el resultado final dentro de una “zona segura” que evite el desgaste del polietileno: una desviación máxima de 5° respecto al eje mecánico. (5,6)

En los pocos casos en los que la deformidad sale del rango de la zona segura, se realizan osteotomías correctoras para posteriormente alinear la prótesis cinemáticamente. (6)

ALINEACIÓN CINEMÁTICA INVERTIDA

Recientemente se ha descrito la técnica por la cual se realiza una alineación cinemática, pero comenzando por la osteotomía tibial. De esta manera, la línea articular postquirúrgica no es necesariamente paralela al suelo. Así, no sólo se restauraría la posible desviación en el plano coronal (valgo o varo) de la rodilla nativa del paciente, como se realiza en la alineación cinemática; si no que, además, trata de lograr una desviación de la línea articular respecto al suelo similar a la constitucional del paciente. En la alineación cinemática, esta línea queda en posición neutra (paralela al suelo). (16)

ALINEACIÓN FUNCIONAL

La alineación funcional es similar a la alineación cinemática restrictiva, pero se basa en la obtención de imágenes intraoperatorias para conseguir equilibrar el implante en flexión y extensión. No solo se valora la imagen estática, sino a lo largo de todo el rango de movimiento. (5)

Esta técnica conseguiría un control intraoperatorio y la adaptación a la anatomía del paciente, pero la literatura todavía es escasa.

MATERIAL DISEÑADO A MEDIDA PARA EL PACIENTE

También se está desarrollando el uso de material diseñado para la anatomía única de cada paciente. Mediante una técnica de imagen preoperatoria, bien una tomografía computarizada o bien una resonancia magnética, se preparan guías de corte, implantándose posteriormente una prótesis prediseñada. (7) El uso de material específico para cada paciente se podría adaptar para los diferentes métodos de alineación anteriormente descritos. (13)

En teoría, esta técnica permitiría reducir la toma de decisiones intraoperatorias, mejorar el alineamiento de la extremidad, reducir la pérdida de sangre al no ser necesario perforar el canal endomedular femoral, e incluso reducir el coste y el tiempo de cirugía. (7)

Hasta el momento, no se habían encontrado diferencias significativas utilizando material diseñado específicamente para cada paciente (17), pero un metaanálisis de Tibesku *et al* apuntaba la disminución de valores atípicos de desviación de las prótesis ($>3^\circ$), el tiempo quirúrgico y la necesidad de transfusiones sanguíneas. (18)

EVALUACIÓN DE RESULTADOS CLÍNICOS

Para poder evaluar de forma objetiva los resultados clínicos tras la cirugía, los artículos recogidos empleaban diferentes escalas de evaluación o PROMS (*Patient reported outcome measures*):

Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC): es un cuestionario validado para evaluar el estado funcional de pacientes con osteoartritis de la extremidad inferior y tras sus artroplastias (cadera y rodilla). Incluye 3 apartados: dolor, rigidez y capacidad funcional. Se suele asociar un resultado global, aunque es más recomendado evaluar las tres variables por separado. Se pedía a los pacientes que contestasen al cuestionario antes y después de la cirugía. Tiene un máximo de 96 puntos, indicando mejor capacidad funcional y menor dolor los resultados más cercanos a cero (Anexo 1). (19)

Knee Society Score: es un cuestionario validado para evaluar la articulación de la rodilla antes y después de una artroplastia total. Se divide en dos partes:

- Knee Society Score original (KSS), que contiene 7 ítems: dolor, estabilidad anteroposterior, estabilidad mediolateral, deformidad en varo o valgo, retraso en la extensión y contractura en flexión (Anexo 2).
- Knee Society Score funcional (KFS), con 3 ítems: distancia recorrida caminando, capacidad de subir escaleras, y el uso de ayuda para caminar (Anexo 3).

Ambas partes se valoran de 0 a 100. Las puntuaciones más altas indican mejor resultado. En ocasiones se tiene en cuenta la suma de las puntuaciones, dando lugar al Combined Knee Society Score (CKSS), que tendrá una puntuación de 0 a 200. (20)

Oxford Knee Score: es un cuestionario de 12 ítems llenado por el paciente, que también sirve para evaluar el dolor y la capacidad funcional tras una artroplastia total de rodilla. Su máxima puntuación es 48, siendo mejor el resultado cuanto menor sea la puntuación (Anexo 4). (21)

El rango de movimiento (ROM), que equivale a la amplitud del ángulo de la flexión. Se mide con un goniómetro, con el centro en el epicóndilo lateral femoral, dirigiendo el brazo estacionario hacia el trocánter (proximal) y el brazo móvil al maléolo lateral (distal) (Anexo 5). (22)

El Forgotten Joint Score (FJS): basa su resultado en que el paciente se olvide de la articulación reemplazada en su vida diaria (Anexo 6). (23)

El Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): valora 5 escalas: dolor, otros síntomas, actividades cotidianas, función y actividades deportivas o recreacionales, y la calidad de vida (Anexo 7) (24).

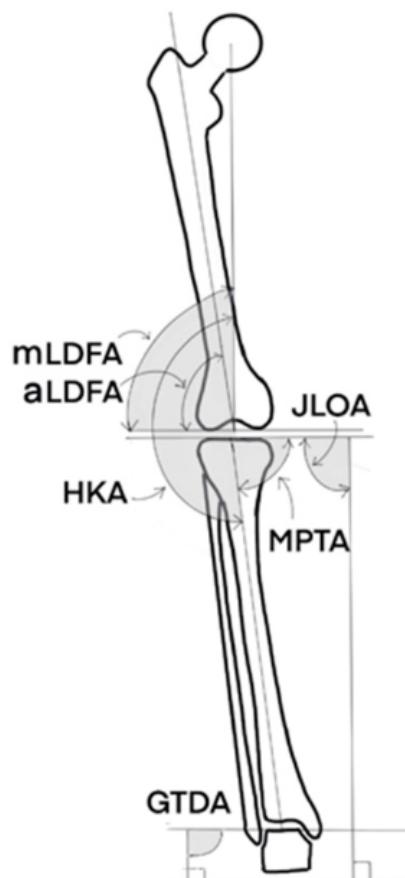
EVALUACIÓN DE RESULTADOS RADIOLÓGICOS

Para recoger los resultados radiológicos, en los estudios se realizaron pruebas de imagen, como radiografía simple, tomografía computarizada y resonancia magnética, con el fin de determinar la desviación respecto a los diferentes ejes de la extremidad, determinando las diferencias entre los métodos de alineación descritos.

En el plano coronal:

- Ángulo respecto al eje mecánico: en inglés, “Hip-Knee-Ankle angle” (HKA).
- Ángulo lateral entre el eje mecánico y la línea articular: en inglés, “mechanical Lateral Distal Femoral Angle” (mLDFA).
- Ángulo lateral entre el eje anatómico del fémur y la línea articular: en inglés, “anatomic Lateral Distal Femoral Angle” (aLDFA).
- Ángulo medial entre el eje tibial y la línea articular: en inglés, “Medial Proximal Tibial Angle” (MPTA).
- Y el ángulo de desviación de la línea articular respecto del suelo: en inglés, “Joint Obliquity Angle” (JLOA).

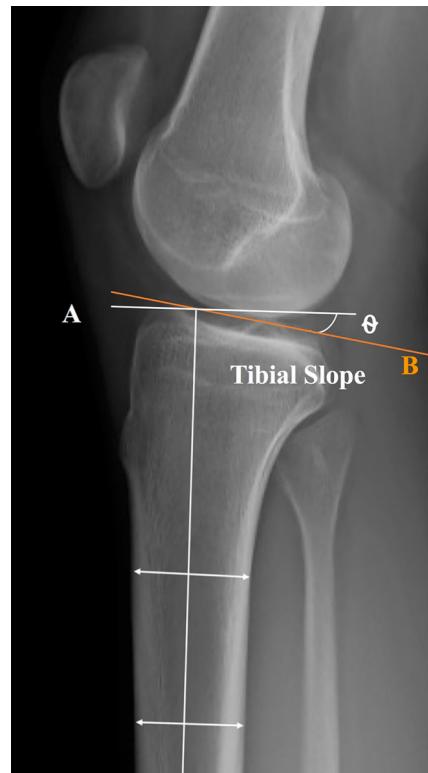
Figura 4: Ángulos de la rodilla en el plano coronal. (25)



En el plano sagital:

- Ángulo de pendiente tibial posterior: en inglés, “Tibial Slope” (TS). Se aconseja lograr un ángulo de entre 3º y 7º. (26)

Figura 5: Ángulo de pendiente tibial posterior. (27)



Además, algunos artículos recogían la rotación femoral: rotación del componente femoral en relación con el eje epicondilar (el negativo señala rotación interna).

JUSTIFICACIÓN

Pese a la existencia de metaanálisis y revisiones comparando la alineación cinemática y la mecánica, no se ha constatado la superioridad de una técnica sobre la otra. Por ello, se ha realizado una revisión sistemática de la literatura actual atendiendo a los resultados recientes, sin limitar la búsqueda únicamente a las alineaciones cinemática y mecánica. Para realizarla, se ha aplicado la estrategia PICoR (Paciente, Intervención, Comparador y Resultado).

P: Pacientes que requieren sustitución protésica de la rodilla.

I: artroplastia total de rodilla mediante métodos de alineación diferentes al mecánico.

C: artroplastia total de rodilla alineada mecánicamente (técnica de elección).

R: resultados clínicos.

OBJETIVOS

Considerando las ventajas e inconvenientes de cada una de las técnicas, se definen los siguientes objetivos a investigar:

- Si la alineación mecánica realmente preserva mejor los componentes de las prótesis a largo plazo, en comparación con la alineación cinemática.
- Si la alineación cinemática reduce el porcentaje de pacientes insatisfechos.
- Si la alineación cinemática realmente mejora la estabilidad de las rodillas intervenidas, incluida la estabilidad de la rótula.
- Si algún método de alineación muestra la superioridad y seguridad suficientes para desplazar a la alineación mecánica como técnica de elección.

MATERIAL Y MÉTODOS

La revisión bibliográfica se ha llevado a cabo siguiendo los pasos descritos por la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) de 2020. (28)

En la búsqueda de artículos, con última actualización a fecha de 20 de marzo de 2023, se obtuvieron 226 artículos. En Pubmed, se realizó la búsqueda con la siguiente combinación de tesauros y operadores booleanos: (((kinematic alignment) OR (mechanical alignment)) OR (functional alignment)) OR (anatomic alignment)) AND (total knee arthroplasty), debiendo estar presentes los términos en el título de los artículos. La búsqueda se realizó de la misma manera en Cochrane.

No se añadieron filtros a la búsqueda, ni por tipo de artículo ni por limitación temporal.

Tras examinar los resúmenes, se **incluyeron** los artículos identificados que recogían datos comparativos entre los diferentes métodos de alineación en artroplastia total de rodilla, y que ofrecían resultados clínicos, radiológicos, o ambos.

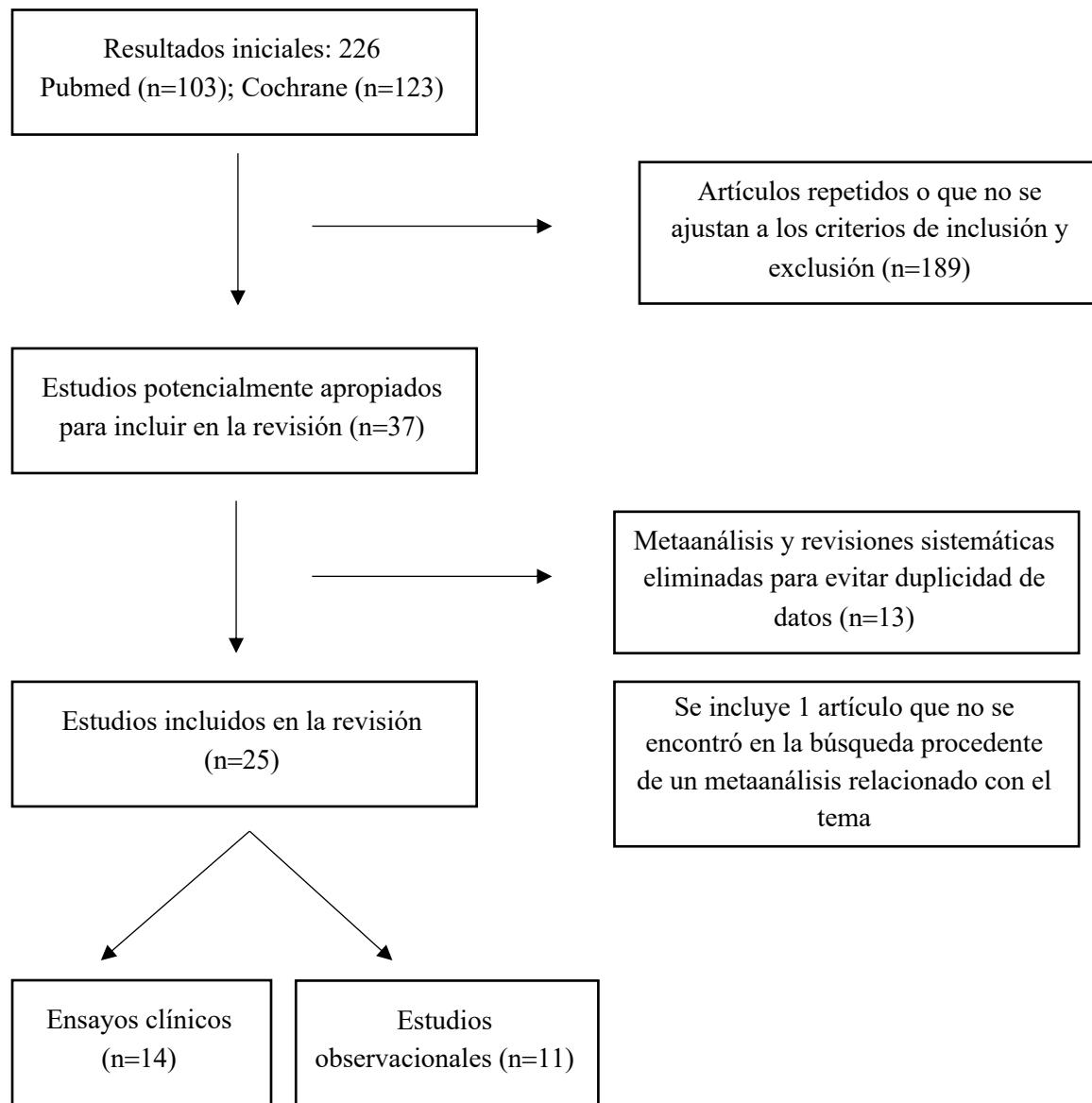
Por el contrario, se **excluyeron** artículos duplicados; estudios cuyos resultados todavía no habían sido publicados; aquéllos que se limitaban a describir las técnicas quirúrgicas; aquéllos en los que los resultados comparativos se debían exclusivamente a aspectos como la robótica, la navegación, o el uso de implantes diferentes para un mismo método de alineación; los estudios realizados en cadáveres; los estudios en los que la cirugía se realiza virtualmente; las editoriales; y los artículos en los que el texto completo solamente estaba disponible en un idioma diferente al inglés o el español.

Por último, se excluyeron los metaanálisis y las revisiones sistemáticas para evitar duplicidades en los datos.

RESULTADOS

De la búsqueda en Pubmed, se obtuvieron 103 entradas; mientras que, de la de Cochrane, 123, las cuales procedían de: Embase (n = 53), Pubmed (n = 48), Plataforma de Registro Internacional de Ensayos Clínicos (ICTRP, n = 26) National Institute of Health (NIH, n = 19), y CINAHL (n = 2). La estrategia de selección de los artículos se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 6: Diagrama de flujo de la revisión sistemática



Los resultados se resumen en las siguientes tablas, en las que se recogen:

- Datos demográficos
- Datos de las escalas de evaluación funcional
- Datos radiológicos

Tabla I: Datos demográficos y características de los ensayos clínicos que comparan alineación cinemática y mecánica.

Autor y año	Meses de seguimiento	Técnica utilizada	Nº rodillas intervenidas	Edad media (años)	% mujeres	IMC (kg/m^2)
	(media)					
Dossett 2012 (14)	6	Cinemática + PSI	41	65 ± 8	5	29 ± 4,2
		Mecánica	41	66 ± 8,2	15	33 ± 6,4
Yim 2013 (29)	24	Anatómica + PSI	61	69 (58-85)	93	25,7 (18-32,5)
		Mecánica + PSI	56	66,1 (51-84)	86	26,3 (20-37,2)
Dossett 2014 (30)	24	Cinemática + PSI	44	66 ± 7,7	5	29 ± 4,1
		Mecánica	44	66 ± 8,6	12	32 ± 4,9
Belvedere 2015 (31)	6	Cinemática + PSI	6		NO	
		Mecánica	11			
Waterson 2016 (32)	12	Cinemática	36		NO	
		Mecánica	35			
Calliess 2017 (33)	12	Cinemática + PSI	100	67 ± 8	61	30 ± 4
		Mecánica	100	70 ± 8	57	30 ± 5
Matsumoto 2017 (34)	12	Cinemática	30	75,3 (55-85)	88	26,9 ± 3,9
		Mecánica	30	76,1 (57-86)	90	25,5 ± 3,2
Seon 2017 (35)	96	Cinemática	30		NO	
		Mecánica	30			
Young 2017 (36)	24	Cinemática + PSI	49	72 ± 6,5	51	30 ± 4
		Mecánica navegada	50	70 ± 7,5	52	31,5 ± 5
Laende 2019 (37)	24	Cinemática + PSI	24	64 ± 8	67	36 ± 5,9
		Mecánica	23	63 ± 7	74	34 ± 7,4
Yeo 2019 (38)	96	Cinemática	30	72 ± 5,52	83	26,1 ± 5
		Mecánica	30	74 ± 5,16	90	26,9 ± 2,1
McEwen 2020 (39)	24	Cinemática	41	65 (51-78)	NO	31 (23-39)
		Mecánica	41			
Young 2020 (40)	60	Cinemática	49	72 ± 6,5	51	30 ± 4
		Mecánica	50	70 ± 7,5	52	31,5 ± 5
Sarzaeem 2021 (41)	3	Cinemática + PSI	32	62,9 ± 6	44	27,1 ± 3,4
		Mecánica	32	65,3 ± 6,8	47	26,8 ± 3,4

Nota: “IMC”: Índice Masa Corporal; “NO”, no se describe. Los datos entre los que se aprecian diferencias estadísticamente significativas aparecen sombreados en gris.

Tabla II: Datos demográficos y características de los estudios observacionales.

Autor y año	Tipo estudio	Meses de seguimiento (media)	Técnica utilizada	Nº rodillas intervenidas	Edad media (años)	% mujeres	IMC (kg/m ²)
An 2019 (42)	Cohortes retrospectivo	0	Cinemática Mecánica	90 120	67 ± 12 67,9 ± 63 10,7	61	No compara
Luceri 2020 (43)	Cohortes retrospectivo	3	Cinemática Mecánica	13 13	70 ± 7,1 69,1 ± 8	54 69	28,5 ± 4,8 27,4 ± 3,4
Abhari 2021 (44)	Cohortes retrospectivo	12	Cinemática varo 1-5° Cinemática varo 6-10° Cinemática varo 11-14° Mecánica	43 56 16 115	66 ± 1,5 68 ± 1,2 67 ± 2,7	58 36 44	34 ± 1 31 ± 0,71 34 ± 1,7
							IMC mayor que en KA
Alexander 2022 (45)	Cohortes retrospectivo	1,5	Cinemática Mecánica	107 223	65 ± 8,6 64,5 ± 8,5	57 59	34,2 ± 8 32,5 ± 6,6
Elbuluk 2022 (46)	Cohortes retrospectivo	24	Cinemática (guía de corte) Mecánica	100 100			No diferencias en edad, sexo, IMC ni desviación en plano coronal (navegación)
Sappey-Marinier 2022 (25)	Serie de casos	32 ± 26	Mecánica Cinemática	7 7	70,1 ± 9,3	57	27 ± 3
Winnock de Grave 2022 (47)	Cohortes Retrospectivo	12	Cinemática invertida Mecánica (ajustada)	40 40	69,9 ± 8,3 67,4 ± 9,5	60 58	29,2 ± 4,8 30 ± 5,3
Choi 2022 (48)	Cohortes Retrospectivo	24	Funcional (robótica) Mecánica (manual)	60 60	70 ± 5,7 70,1 ± 5,7	78 78	26,7 ± 2,6 27,1 ± 3,5
Lung 2022 (49)	Cohortes Retrospectivo	3	Cinemática Mecánica	44 57	68,5 ± 7,5 68,2 ± 7,7	63 65	31 ± 6,6 32,6 ± 5,6
Ma 2022 (50)	Cohortes Ambispectivo	6	Cinemática restringida Mecánica	48 45	69,3 67,4	86 78	27,2 25,2
Wen 2023 (51)	Cohortes Retrospectivo	30,8	Cinemática Mecánica	65 61	70,6 ± 6,4 71,2 ± 7,1	70 66	27,3 ± 3,4 27,2 ± 3,7

Nota: “IMC”: Índice Masa Corporal. Los datos entre los que se aprecian diferencias estadísticamente significativas aparecen sombreados en gris.

Tabla III. Resultados de las escalas de evaluación funcional de los ensayos clínicos.

Autor y año	Técnica utilizada	WOMAC	OKS	KSS (Pain)	KSS (Function)	CKSS	KOOS	FJS	ROM FLEXIÓN (º)
Dossett 2012	Cinemática + PSI	12 ± 14,8	8 ± 9,1	90 ± 14,3	84 ± 1,9	174 ± 31,3			120 ± 9,2
	Mecánica	28 ± 18,5	15 ± 8,9	79 ± 18,2	70 ± 21	149 ± 35,3			115 ± 12,3
	Diferencia media	16 (8,4-23)	7 (3,1-10,9)	11 (4,6-19)	14 (4-22)	25 (10-39,3)			5
Yim 2013	Anatómica + PSI	19,3 ± 8,6							125 ± 11,5
	Mecánica + PSI	20,4 ± 6,7							129 ± 11,5
Dossett 2014	Cinemática + PSI	15 ± 20,3	40 ± 10,2	84 ± 17,2	77 ± 19,2	160 ± 31,9			121 ± 10,4
	Mecánica	26 ± 22,2	33 ± 11,1	72 ± 21,2	65 ± 21,1	137 ± 37,9			113 ± 12,5
	Diferencia media	10,7 (1,5-19,8)	6,2 (1,7-10,7)	11 (3,1-19,4)	12 (3,5-20,6)	23 (8,4-38,1)			8,5
Belvedere 2015	Cinemática + PSI		91 ± 12	90 ± 15					
	Mecánica		78 ± 20	80 ± 23					
Waterson 2016	Cinemática			83,5 ± 21,4			77,7 ± 20		118,5 ± 12
	Mecánica			87,8 ± 15,9			76,4 ± 19		118,4 ± 9,4
	Diferencia media			4,3			1,3		0,1
Calliess 2017	Cinemática + PSI	13 ± 16			190 ± 18				
	Mecánica	26 ± 11			178 ± 17				
Matsumoto 2017	Cinemática			92,9 ± 4,4	68,3 ± 13,6				122,3 ± 8,9
	Mecánica			92,5 ± 5,3	64 ± 15,9				116,8 ± 12,6
Seon 2017	Cinemática	NO DIF		NO DIF	83,7 ± 16,7				NO DIF
	Mecánica				74,8 ± 16,45				
Young 2017	Cinemática + PSI	88 ± 14	42 ± 6	89 ± 13	83 ± 18		69 ± 26		119 ± 11
	Mecánica	85,5 ± 17	41 ± 6	87 ± 16	79,5 ± 24		66 ± 26		116 ± 11
	Diferencia media	-3(-9,1 a 3,2)	-1 (-3,5 a 1,4)	-2 (-7,8 a 3,9)	-4 (-12 a 5)		-3 (-13,3 a 7,5)		
Laende 2019	Cinemática + PSI		31 ± 7,8						
	Mecánica		30 ± 8,6						
Yeo 2019	Cinemática	19,3 ± 1,9		47,5 ± 5,6	90,1 ± 10,5				125 ± 11,5
	Mecánica	20,4 ± 1,8		47,2 ± 7,5	93 ± 9,1				129 ± 11,5

McEwen 2020	Cinemática	44,4 ± 4,3			89,6 ± 12,9	79,9 ± 23,5	127 ± 10		
	Mecánica	44,1 ± 4,1			88,5 ± 13,7	79,6 ± 19,4	127 ± 11		
Young 2020	Cinemática	86,1 ± 15,5	41,4 ± 7,2	74,6 ± 12,2	81 ± 18,4	68 ± 28,8			
	Mecánica	89,1 ± 15,3	41,7 ± 6,3	74,2 ± 9	86,7 ± 16,8	74,4 ± 23,6			
	Diferencia media	-3 (-9,9 a 3,9)	-0,3(-3,2, 2,5)	0,5 (-6,1 a 7)	-5,7 (-14,5 a 3,1)	-5,7 (-14,5 a 3,1)			
Sarzaeem 2021	Cinemática + PSI	31,2 ± 4,6							
	Mecánica	35,5 ± 5,7							

Nota: “NO DIF”: el artículo no incluye los datos concretos, pero señala que no hay diferencias significativas; “PSI”: instrumentos hechos a medida para el paciente. Los datos entre los que se aprecian diferencias estadísticamente significativas aparecen sombreados en gris. En el artículo de Young *et al* de 2017 utilizó una versión del WOMAC que ofrece un resultado de 0 a 100, siendo 0 la peor puntuación posible y 100 la mejor.

Tabla IV. Resultados de las escalas de evaluación funcional de los estudios observacionales.

Autor y año	Técnica utilizada	WOMAC	OKS	KSS (Pain)	KSS (Function)	CKSS	KOOS	FJS	ROM
Luceri 2020	Cinemática			86 ± 3,8	93 ± 10,3		81 ± 7,1		
	Mecánica			76 ± 9,6	76 ± 16,2		ERRATA		
Abhari 2021	Cinemática restrictiva	90 ± 1,5		93 ± 0,9	85 ± 1,6			72 ± 2,7	120 ± 0,5
	Mecánica	85 ± 1,6		83 ± 1,1	73 ± 1,7			61 ± 3,8	117 ± 0,7
Alexander 2022	Cinemática								114 ± 10,1
	Mecánica								110 ± 11,9
Elbuluk 2022	Cinemática (guía de corte)					91 ± 5	92 ± 5,3		
	Mecánica (navegación)					84 ± 4	78 ± 7,1		
Sappey-Marinier 2022	Mecánica		47 ± 7	49 ± 20	96 ± 23				84 ± 35
	Diferencia tras reintervención (AM a AC)				75 ± 27				30 ± 23
Winnock de Grave 2022	Cinemática invertida	44,8 ± 3,5							
	Mecánica (ajustada)	42,2 ± 6,3							
Choi 2023	Funcional (robótica)	14 ± 12,3		95 ± 6,4	77 ± 15,1			80 ± 30,1	
	Mecánica (manual)	19 ± 10,1		90 ± 12,9	59 ± 1,6			35 ± 28,4	
Lung 2023	Cinemática					77 ± 16,2			116 ± 10,8
	Mecánica					83 ± 12,1			114 ± 11,4
Wen 2023	Cinemática		85 ± 8,6	81 ± 9,5			86 ± 9,7		
	Mecánica		78 ± 9,3	78 ± 10,6			73 ± 13,8		

Nota: El artículo de Luceri *et al* de 2020 incluye una errata en los datos del KOOS del grupo intervenido con alineación mecánica. En el artículo de Abhari *et al* de 2021, aunque no se especifique en el texto, se entiende que, por los resultados que ofrece a la hora de recoger el WOMAC, se utilizó la versión reducida cuyos valores van de 0 a 100 (de peor resultado a mejor), ya que el resultado es anormalmente alto en comparación con el resto de los cuestionarios funcionales. El artículo de An *et al* de 2019 no incluye resultados funcionales, sólo radiológicos. El artículo de Ma *et al* de 2023 estima los resultados funcionales por ecuaciones; no son reportados por el propio paciente, por lo que no se incluyen. El artículo de Sappey Marinier *et al* de 2022 es una comparación entre pacientes que han sido operados con alineación mecánica, pero ha sido necesaria una reintervención, y ésta se ha realizado siguiendo una alineación cinemática (utilizando como modelo de rodilla nativa la rodilla contralateral). Los datos entre los que se aprecian diferencias estadísticamente significativas aparecen sombreados en gris.

Tabla V. Resultados radiológicos de los ensayos clínicos.

Autor y año	Técnica utilizada	HKA (°)	mLDFA (°)	MPTA (°)	JLOA (°)	Rotación femoral (°)	Tibial Slope (°)
Dossett 2012	Cinemática + PSI	0,3 ± 2,8	88,6 ± 2		-2,1 ± 2,1		5 ± 5,4
	Mecánica	0,0 ± 2,2	91 ± 2,6		0,0 ± 2,4		3 ± 4,7
	Diferencia media	0,3 (-0,9 a 1,3)	-2,4 (-3,4 a -1,4)		-2,1 (-3,1 a -1,1)		2 (-4,3 a 0,1)
Yim 2013	Anatómica + PSI	-0,4 ± 2	91,7 ± 1,9	87,5 ± 1,7			4,6 ± 1,7
	Mecánica + PSI	-0,7 ± 1,7	89,5 ± 0,4	90,1 ± 0,4			5,9 ± 0,7
Dossett 2014	Cinemática + PSI	0,1 ± 2,8	88,7 ± 2	87,8 ± 2,6	-2 ± 2		
	Mecánica	-0,1 ± 2,5	90,8 ± 2,7	90 ± 2,1	-0,1 ± 2,7		
	Diferencia media	0,2 (-0,9 a 1,4)	-2,2 (-3,2 a -1,2)	2,1 (1,1 a 3,1)	-1,9 (-2,9 a -0,9)		
Calliess 2017	Cinemática + PSI	-1 ± 3	88 ± 1	88 ± 1			4 ± 3,4
	Mecánica	1 ± 1	89 ± 0	89 ± 0			4 ± 2
Matsumoto 2017	Cinemática	1,8 ± 1,5 (-1,5 a 6)			-0,9 ± 2,3		
	Mecánica	0,1 ± 1,4 (-3 a 3)			-4,3 ± 1,9		
Young 2017	Cinemática + PSI	0,4 ± 3,5	88 ± 2,5	87 ± 3		-0,5 ± 2,5	-4 ± 2,5
	Mecánica navegada	0,7 ± 2	89,5 ± 1,6	89,3 ± 1,8		1,5 ± 2,5	-1,3 ± 2
	Diferencia media	-0,3 (-1,4 a 0,8)	-1,6 (-2,5 a -0,7)	-1,9 (-3 a -0,8)		2 (1 a 3)	2,3 (1,3 a 3,3)
Laende 2019	Cinemática + PSI	2,3 ± 2,6		86,7 ± 2			
	Mecánica	2,1 ± 2,1		89,2 ± 1,7			
	Diferencia media	0,2 (-1,55 a 1,15)		-2,5 (-3,6 a -1,4)			
Yeo 2019	Cinemática	0,1 ± 2	88,3 ± 1,9	87,5 ± 1,7			7,5 ± 2,8
	Mecánica	-0,3 ± 1,7	90,5 ± 0,4	90,1 ± 0,4			6,4 ± 1
	Diferencia media	0,4 (-0,5 a 1,34)	-2,2 (-2,9 a -1,5)	-2,6 (-3,2 a -2)			1,1 (0 a 2,2)
McEwen 2020	Cinemática	1 ± 2,4	91,8 ± 2	87,5 ± 1,3	0,9 ± 2,6	-1,3 ± 3,1	3,1 ± 1,8
	Mecánica	0,2 ± 2,1	89,9 ± 0,6	89,7 ± 0,4	-0,8 ± 2,1	1,1 ± 2,5	3,2 ± 1,8
	Diferencia media entre rodillas	2,1 ± 1,8	2,1 ± 1,7	2,3 ± 1,3	2,7 ± 1,9	4 ± 2,8	1,5 ± 1,2

Métodos de alineación en artroplastia total de rodilla, revisión sistemática

Nota: Los datos entre los que se aprecian diferencias estadísticamente significativas aparecen sombreados en gris. Los artículos de Belvedere *et al* de 2015, de Waterson *et al* de 2016, de Seon *et al* de 2017 y de Sarzaeem *et al* de 2021 no recogen resultados radiológicos. Además, los resultados radiológicos de Young *et al* de 2020 son los mismos que publicaron en 2017, por lo que no se incluyen en la tabla para evitar duplicar la información.

Tabla VI. Resultados radiológicos de los estudios observacionales.

Autor y año	Técnica utilizada	HKA	mLDFA	MPTA	JLOA	Rotación femoral	Tibial Slope
An 2019	Cinemática	1,5 ± 0,2					
	Mecánica	0,8 ± 0,2					
Abhari 2021	Cinemática varo 1-5°	2 ± 0,2		88 ± 0,12			
	Cinemática varo 6-10°	3 ± 0,2		88 ± 0,1			
	Cinemática varo 11-14°	4 ± 0,2		87 ± 0,2			
	Mecánica	No recoge					
Sappey-Marinier 2022	Mecánica	1 ± 4	90 ± 2	90 ± 1	-0,3 ± 3		
	Diferencia tras reintervención (AM a AC)	-1 ± 2	88 ± 3	88 ± 2	1 ± 3		
Winnock de Grave 2022	Cinemática invertida	-1,7 ± 2,1	88,8 ± 1,4	87,1 ± 1,4		-0,7 ± 2,1	4,2 ± 1,2
	Mecánica (ajustada)	-0,4 ± 1,9	90 ± 1,6	89,6 ± 0,9		2,2 ± 2,5	4,1 ± 1,6
Choi 2023	Funcional (robótica)	1,1 ± 1,8	83,7 ± 2,1	89,2 ± 1			2,6 ± 2
	Mecánica (manual)	-0,2 ± 2,5	83,3 ± 2,2	89,6 ± 1,7			3,1 ± 2,1
Lung 2023	Cinemática	-0,7 ± 3,1	88,1 ± 2,6	88,6 ± 1,8	-1,5 ± 2		
	Mecánica	0,3 ± 4,1	90,2 ± 2,2	90,3 ± 1,2	0,2 ± 1,3		
Ma 2023	Cinemática restrictiva	0,8 ± 2,7	90,5 ± 1,8	89,7 ± 1,9			
	Mecánica	2 ± 4	91,5 ± 3,3	89,4 ± 2,5			
Wen 2023	Cinemática	-2,7 ± 1,9					
	Mecánica	-2,2 ± 1,4					

Nota: Los datos entre los que se aprecian diferencias estadísticamente significativas aparecen sombreados en gris.

Los artículos de Luceri *et al* de 2020, Alexander *et al* de 2022, Elbuluk *et al* de 2022 no recogen resultados radiológicos.

El artículo de Sappey Marinier *et al* de 2022 ofrece los resultados comparando las rodillas intervenidas con alineación mecánica con la rodilla contralateral no intervenida.

En respuesta a los objetivos marcados al inicio de la revisión, el primero de ellos era valorar si la alineación mecánica protegía del **desgaste de los componentes protésicos** a largo plazo. Los artículos que revisaban a los pacientes durante largos períodos de seguimiento (Seon *et al* 2017, Yeo *et al* 2019 y Young *et al* 2020, con plazos de 8, 8 y 5 años respectivamente), no encontraron diferencias estadísticamente significativas en términos de **aflojamiento precoz de la prótesis**. (35,38,40). Además, Laende *et al* midieron específicamente el desgaste de los componentes protésicos dos años después de la intervención y no encontraron diferencias significativas entre los grupos de pacientes operados con ambos métodos. (37)

Por otra parte, acerca de la **satisfacción de los pacientes**, se apreciaron resultados que no eran del todo concluyentes, tal y como reflejan las tablas III y IV. Sin embargo, todos aquellos artículos que encontraron diferencias significativas en las escalas de valoración funcional lo hicieron a favor de la alineación cinemática o la funcional, en detrimento de la mecánica.

Otro objetivo era valorar la **estabilidad articular** postquirúrgica, respecto a la cual no se encontraron diferencias entre ambos grupos (mecánica y cinemática) del número de pacientes que consulta por inestabilidad después de la intervención (30,33,34,38,44,47,50), pese a que varios artículos señalaban que la liberación de ligamentos y tendones era claramente mayor en la alineación mecánica que en la cinemática. (36,37,39,42) Además, tres artículos encontraron casos de **inestabilidad rotuliana**: Dossett *et al* reportaron un caso en el grupo de pacientes intervenidos con alineación mecánica y otro en el grupo de alineación cinemática, Young *et al* también 1 en cada grupo, y Abhari *et al* únicamente 1 en el grupo de la alineación mecánica; por lo que tampoco se puede afirmar que haya diferencias en la estabilidad patelofemoral. (14,36,44) Asimismo, los dos artículos de alineación cinemática frente a mecánica que medían cuantitativamente la laxitud articular no encontraron diferencias clínicamente significativas. (38,39) En cuanto a otros tipos de alineación, en el estudio de Winnock de Grave *et al* de 2022, que comparaba la alineación mecánica ajustada con la cinemática invertida, no se requirió liberación de partes blandas en ninguno de los pacientes intervenidos. (47) En el de Yim *et al* de 2013, que comparaba la alineación anatómica y la mecánica, no se recogieron resultados de liberaciones tendinosas, pero sí se midió la laxitud articular postoperatoria, sin encontrar diferencias entre ambos métodos. (29)

Referente a los **resultados radiológicos**, como se aprecia en las tablas V y VI, los diferentes métodos de alineación conducen a diferencias en los ángulos del plano coronal de la rodilla, pero no en el plano sagital (exceptuando el artículo de Young *et al* 2017). Estas diferencias se pueden explicar por la técnica de alineación utilizada, sin quedar claro que se traduzcan en una mejor estabilidad o satisfacción de los pacientes. Todos los estudios cumplen con un mLDFA medio > 82° y un MTPA medio > 87°, por lo que la alineación media resultante de todos los métodos de

alineación en todos los estudios queda dentro de la “zona segura”, fuera de la cual se observa un desgaste precoz de los componentes protésicos. (8, 9)

Otra de las teóricas ventajas de la alineación cinemática era lograr una **recuperación más precoz** gracias al respeto por la biomecánica constitucional del paciente. Algunos artículos trataban de objetivar esta mejora en la velocidad de recuperación calculando la distancia recorrida por los pacientes en planta de hospitalización antes del alta. Un artículo no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de alineación (14), aunque hay que destacar que otros dos señalaban una distancia recorrida mayor en los pacientes intervenidos cinemáticamente. (30,49)

En el único ensayo que comparaba la alineación anatómica con la mecánica, se distinguían los resultados radiológicos de ambos métodos, pero no se traducían en mejorías en los resultados funcionales por parte de ninguno de los dos métodos. (29)

El estudio que comparaba la alineación funcional y la mecánica sí que mostró, además de las diferencias radiológicas, mejoría en las escalas WOMAC, FJS y la parte funcional del cuestionario KSS en el grupo de la alineación funcional. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias en la parte del cuestionario KSS referida al dolor y la estabilidad. (48)

El estudio que enfrentaba la alineación cinemática restrictiva con la mecánica no apreció diferencias a nivel radiológico, pero la alineación cinemática restrictiva mostraba mejores resultados funcionales en los cuestionarios WOMAC, KSS y FJS, sin apreciar diferencias en el rango de movimiento. (44)

Por último, el único artículo en el que se incluía la alineación cinemática invertida, se apreciaron diferencias radiológicas, pero en la satisfacción y en los resultados funcionales sólo se demostró superioridad de la alineación cinemática invertida en los pacientes con deformidad en varo (HKA <177º) tras un análisis multivariante. (47)

Finalmente, no se encontraron diferencias significativas en las tasas de **complicaciones** postoperatorias entre los métodos analizados.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta revisión es que, pese a haber resultados controvertidos, hay una tendencia a obtener mejores **resultados clínicos** en los pacientes con prótesis de rodilla alineadas cinemáticamente respecto a aquellos en los que se sigue un abordaje tradicional mediante alineación mecánica, sin detectarse diferencias en la tasa de complicaciones. Otras revisiones y metaanálisis apoyan este hallazgo. (52–60) Hay que destacar que en el metaanálisis de Liu se han encontrado errores: a la hora de recoger los datos de HKA y de TS de Yeo *et al* 2019, se asignan los de la alineación mecánica a los de la alineación cinemática y viceversa (57), tras comparar los datos con los del artículo original. (38)

Respecto a la **preservación de los componentes a largo plazo**, los resultados observados en la revisión no aprecian la teórica ventaja de la alineación mecánica. Por tanto, este hallazgo aporta tranquilidad a la hora de aplicar la alineación cinemática, ya que era uno de los principales inconvenientes planteados. El plazo de seguimiento máximo recogido en los artículos de esta revisión es de ocho años, por lo que sería útil que, en estudios futuros, el plazo de seguimiento sea mayor, para terminar de apoyar la idea de que los componentes de la artroplastia no se desgastan más en la alineación cinemática que en la mecánica. No obstante, en la revisión, esta igualdad de resultados se aprecia en términos de números de consulta a consecuencia del desgaste de la prótesis. El artículo de la revisión que medía cuantitativamente el desgaste del polietileno lo hacía tras dos años de seguimiento (37), por lo que la evidencia que se ofrece en esta revisión en términos de igualdad del desgaste de los componentes entre la alineación cinemática y la mecánica es limitada, siendo preciso estudiar resultados cuantitativos a más largo plazo para poder confirmarla. Por otra parte, todos los estudios cumplen con un mL DFA medio $> 82^\circ$ y un MTPA medio $> 87^\circ$. Estos resultados explican que no haya diferencias en términos de **aflojamiento precoz de la prótesis**, ya que en otros estudios quedaba definido el aumento en las tasas de aflojamiento a partir de una desviación de 3° en varo de la tibia (8) y de 8° en valgo del fémur. (9)

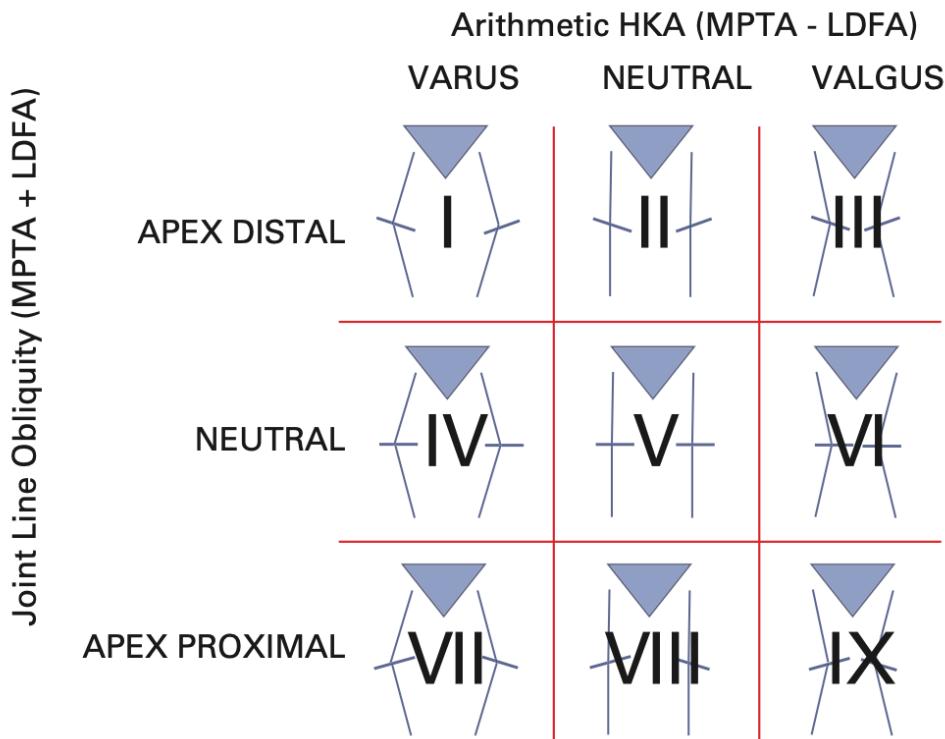
Otra de las teóricas ventajas de la alineación cinemática, la mejoría en la **estabilidad de la rodilla**, no se aprecia en los resultados del estudio.

Algunos autores afirman que la menor **liberación ligamentosa** de la alineación cinemática conlleva menor inflamación, y supondría una recuperación más rápida. (30,42) Sin embargo, de nuevo se hallan resultados no concluyentes en los artículos incluidos en la revisión, por lo que sería otra teórica ventaja de la alineación cinemática que no se objetiva con métodos cuantitativos.

El artículo de Choi *et al* muestra ligeras ventajas aplicando la **alineación funcional**. No obstante, el grupo de la alineación funcional fue intervenido mediante cirugía robótica; mientras que, el de la mecánica, lo hizo de forma convencional. (48) Por tanto, en futuros ensayos clínicos, la comparación de la alineación funcional con la mecánica se debería llevar a cabo en condiciones similares de intervención, para poder apreciar las posibles mejoras que ofrecen el tipo de alineación y el abordaje robótico por separado. En este sentido, MacDessi *et al* proponen un protocolo para futuros ensayos clínicos para comparar dos métodos de alineación y la cirugía convencional frente a la robótica de forma factorial, lo que permitiría interpretar los resultados de los métodos de alineación y la robótica de forma independiente (Anexo 8). (61)

Otro apunte importante que introduce este artículo de Choi *et al* es la valoración de los **fenotipos de la rodilla** del paciente. Hirschmann *et al* describieron en 2019 una nueva clasificación de los fenotipos de la articulación de la rodilla, ya que la clasificación habitual en varo, neutro o valgo valora únicamente la desviación del eje de la extremidad en el plano frontal, sin considerar la orientación de la línea articular respecto al suelo, que también interviene en la mecánica de la rodilla y de la extremidad. Es decir, además de tener en cuenta el ángulo respecto al eje mecánico (HKA), se consideran los ángulos entre el eje del fémur y la línea articular (mLDFA), entre el eje de la tibia y la línea articular (MPTA, también abreviado en ocasiones como TMA). En el caso de Hirschmann *et al*, en vez de utilizar el mLDFA se usa su versión en el lado medial (*Femoral Mechanical Angle*, FMA) (Anexo 9). (15) Como valor de referencia, la alineación cinemática restrictiva considera “zona segura” los valores de HKA de $180^\circ \pm 3^\circ$, mLDFA $90^\circ \pm 5^\circ$, y MPTA $90 \pm 5^\circ$, por lo que son los valores considerados neutros. Cualquier desviación mayor de la señalada se considera valgo o varo (aunque los límites de la neutralidad varían en función de autores y no hay un consenso definitivo). De esta manera, se describen 27 fenotipos diferentes, en función de las combinaciones de HKA, FMA y TMA, pudiendo estar los 3 ángulos en varo, valgo o en neutro. De forma resumida, se recogen 9 fenotipos, considerando únicamente la desviación en el eje mecánico de la extremidad (HKA) y en el ángulo de la línea articular respecto del suelo (JLOA). (62)

Figura 7. Esquema de los fenotipos de la rodilla en función de HKA y JLOA. (62)



En el constante camino de la Medicina hacia una atención cada vez más personalizada, es de prever que la adaptación del tipo de alineación a las características de cada paciente se implemente en el caso de que muestre superioridad respecto a métodos convencionales. Por ejemplo, se podría aprovechar la alineación cinemática en los fenotipos I, II, IV y V, que son desviaciones en varo o neutras contrastadas en los ensayos clínicos con alineación cinemática; la cinemática restrictiva en los fenotipos III y VI, ya que en muchas ocasiones la desviación en valgo constituye un criterio de exclusión de los ensayos clínicos con alineación cinemática (34,38,39,41,44,46,51), al salir de la “zona segura” anteriormente descrita; y la alineación mecánica en los fenotipos VII, VIII y IX, que son los menos frecuentes en la población y constituyen deformidades más extremas. (62)

Pese a este ejemplo de cómo aplicar los fenotipos para elegir un método de alineación en la intervención, los resultados que se observan en esta revisión no son tan concluyentes a favor de la alineación cinemática como para dejar de considerar la alineación mecánica como la **técnica de elección**. Aunque hay artículos recientes que informan de los resultados en función de los fenotipos (63), de nuevo habría que diseñar los ensayos de manera que la comparación de los resultados de los métodos de alineación y los fenotipos se realice por separado, como en el protocolo anteriormente descrito de MacDessi *et al.* (61)

Además del breve periodo de seguimiento para determinar el posible desgaste de la prótesis a largo plazo, otra de las principales **limitaciones** de esta revisión es la heterogeneidad en la técnica de la alineación cinemática, ya que en algunos estudios se realiza con material específico para los pacientes, en otros de forma convencional, y en otros, la cirugía es robótica. Esta limitación se comparte con otras revisiones y metaanálisis. (52,53)

En definitiva, acerca de la comparación de los métodos de alineación más utilizados, el mecánico y el cinemático, aunque no todos los estudios aprecian diferencias en términos funcionales o de satisfacción de los pacientes, todos los que sí las encuentran lo hacen a favor de la alineación cinemática. Hay que remarcar que estas diferencias se han apreciado en condiciones de ensayo clínico, con numerosos estudios con criterios de inclusión y exclusión rigurosos. Como se ha señalado anteriormente, la deformidad en valgo fue en criterio de exclusión en 7 de los artículos (34,38,39,41,44,46,51), pero también fue frecuente excluir a los pacientes con deformidades superiores a 10° en el plano coronal, Índice de Masa Corporal mayor de 40 kg/m², o con intervenciones quirúrgicas previas en la rodilla.

Por tanto, parece lógico concluir que la alineación mecánica debería seguir siendo considerada la técnica de referencia debido a la experiencia que se tiene con la misma, aunque la alineación cinemática constituye una alternativa igualmente válida o incluso superior en pacientes sin deformidades extremas. Sería interesante realizar estudios con criterios de inclusión y exclusión más laxos, que se asemejen más a la práctica quirúrgica habitual, y con un plazo de seguimiento mayor, con el fin de terminar de objetivar la ventaja de la alineación cinemática en resultados funcionales. Es más, ofrecer los resultados en función de los fenotipos de la rodilla de los pacientes podría ayudar a determinar si uno de los métodos de alineación es superior para algún determinado fenotipo.

CONCLUSIONES

- No se aprecia mayor desgaste ni aflojamiento precoz de los componentes en las prótesis alineadas cinemáticamente tras dos años de la intervención, en comparación con la alineación mecánica. Para poder objetivar la igualdad de desgaste de componentes de ambos métodos, son necesarios estudios que analicen cuantitativamente el grosor de la prótesis en un plazo mayor de tiempo.
- La alineación cinemática es superior en determinados casos en términos de funcionalidad y menor dolor de los pacientes, pero no parece suficiente para explicar el 20% de pacientes insatisfechos tras ser intervenidos de artroplastia total de rodilla.
- Pese a que la liberación de ligamentos y tendones es mayor en la alineación mecánica que en la cinemática, esto no se traduce en diferencias en las consultas por inestabilidad femorotibial o femoropatelar tras la intervención quirúrgica.
- Aunque la alineación cinemática muestra superioridad en los resultados funcionales y de satisfacción de los pacientes en varios de estudios incluidos, hay que considerar que las condiciones de los estudios no son un fiel reflejo de las condiciones de la práctica diaria. Por tanto, la alineación mecánica debería seguir siendo considerada el método de elección en artroplastias totales de rodilla, estando especialmente indicada en pacientes con deformidades preoperatorias extremas, a la espera de que la superioridad en los resultados clínicos de la alineación cinemática se objetive en ensayos con criterios de inclusión y de exclusión más laxos o en ensayos que especifiquen la superioridad para un fenotipo determinado de rodilla.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jaén F, Sanz-Gallardo MI, Arrazola MP, García de Codes A, De Juanes A, Resines C. Estudio multicéntrico sobre la incidencia de infección en prótesis de rodilla. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2012;56(1):38-45.
2. Neuprez A, Delcour JP, Fatemi F, Gillet P, Crielaard JM, Bruyère O, et al. Patients' expectations impact their satisfaction following total hip or knee arthroplasty. *PLoS One.* 2016;11(12):1-14.
3. Mancuso CA, Salvati EA, Johanson NA, Peterson MGE, Charlson ME. Patients' expectations and satisfaction with total hip arthroplasty. *J Arthroplasty [Internet].* 1997;12(4):387-96. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540397901947>
4. Choi YJ, Ra HJ. Patient satisfaction after total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res.* 2016;28(1):1-15.
5. Hernández-Vaquero D. La alineación de la artroplastia de rodilla. Antiguos mitos y nuevas controversias. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2021;65(5):386-97.
6. Rivière C, Iranpour F, Auvinet E, Howell S, Vendittoli PA, Cobb J, et al. Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res [Internet].* 2017;103(7):1047-56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.2017.07.010>
7. Jaffe WL, Dundon JM, Camus T. Alignment and balance methods in total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(20):709-16.
8. Berend ME, Ritter MA, Meding JB, Faris PM, Keating EM, Redelman R, et al. The Chetranjan Ranawat Award: Tibial Component Failure Mechanisms in Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res [Internet].* 2004;428:26-34. Disponible en: <https://journals.lww.com/00003086-200411000-00004>
9. Ritter MA, Davis KE, Meding JB, Pierson JL, Berend ME, Malinzak RA. The Effect of Alignment and BMI on Failure of Total Knee Replacement. *J Bone Jt Surg [Internet].* 2011;93(17):1588-96. Disponible en: <https://journals.lww.com/00004623-201109070-00004>
10. Collier MB, Engh CA, McAuley JP, Engh GA. Factors Associated with the Loss of Thickness of Polyethylene Tibial Bearings After Knee Arthroplasty. *J Bone Jt Surg [Internet].* 2007;89(6):1306-14. Disponible en: <http://journals.lww.com/00004623-200706000-00020>
11. Bellemans J, Colyn W, Vandenneucker H, Victor J. Is Neutral Mechanical Alignment Normal for All Patients? The Concept of Constitutional Varus. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):45-53.
12. Hungerford DS, Kenna R V, Krackow KA. The porous-coated anatomic total knee. *Orthop Clin North Am [Internet].* 1982;13(1):103-22. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7063184>
13. Howell SM, Papadopoulos S, Kuznik KT, Hull ML. Accurate alignment and high function after kinematically aligned TKA performed with generic instruments. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2013;21(10):2271-80.
14. Dossett HG, Swartz GJ, Estrada NA, Lefevre GW, Kwasman BG. Kinematically versus mechanically aligned total knee arthroplasty. *Orthopedics.* 2012;35(2):160-9.
15. Hirschmann MT, Moser LB, Amsler F, Behrend H, Leclercq V, Hess S. Functional knee phenotypes: a novel classification for phenotyping the coronal lower limb alignment based on the native alignment in young non-osteoarthritic patients. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc [Internet].* 2019;27(5):1394-402. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05509-z>
16. Orsi AD, Wakelin E, Plaskos C, McMahon S, Coffey S. Restricted Inverse Kinematic Alignment Better Restores the Native Joint Line Orientation While Achieving Similar Balance, Laxity, and Arithmetic Hip-Knee-Ankle Angle to Gap Balancing Total Knee Arthroplasty. *Arthroplast Today [Internet].* 2023;19. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.artd.2022.101090>
17. Voleti PB, Hamula MJ, Baldwin KD, Lee G-C. Current Data Do Not Support Routine Use of Patient-Specific Instrumentation in Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty [Internet].* 2014;29(9):1709-12. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0883540314003453>
18. Tibesku CO, Haas SB, Saunders C, Harwood DA. Comparison of clinical outcomes of

- VISIONAIRE patient-specific instrumentation with conventional instrumentation in total knee arthroplasty: a systematic literature review and meta-analysis. Arch Orthop Trauma Surg [Internet]. 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04698-6>
19. SEROD: Cuestionarios [Internet]. Sociedad Española de la Rodilla; 2017. Cuestionario WOMAC. Disponible en: <https://www.serod.org/womac/>
20. OrthoToolKit: Knee Society Score [Internet]. OrthoToolKit; 2023. Disponible en: <https://orthotoolkit.com/knee-society-score/>
21. Shrewsbury and Telford Hospital. National Health Service [Internet]. Oxford: Department of Public Health, University of Oxford; 2016. Disponible en: https://www.sath.nhs.uk/wp-content/uploads/2016/08/gpinfo_OxfordKneeScore.pdf
22. Pedrogiglio Ortopedista Especialista em Joelho [Internet]. São Paulo: Pedro Giglio; 2021. Disponible en: <https://pedrogiglio.com/artrofibrose-do-jelho/>
23. Behrend H, Giesinger K, Giesinger JM, Kuster MS. The «Forgotten Joint» as the Ultimate Goal in Joint Arthroplasty. Validation of a New Patient-Reported Outcome Measure. J Arthroplasty [Internet]. 2012;27(3):430-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2011.06.035>
24. SEROD: Cuestionarios [Internet]. Sociedad Española de la Rodilla; 2017. Cuestionario KOOS. Disponible en: <https://www.serod.org/koos/>
25. Sappye-Mariner E, Wu SA, Bini SA. Kinematic Alignment of Failed Mechanically Aligned Total Knee Arthroplasty Restored Constitutional Limb Alignment and Improved Clinical Outcomes: A Case Report of 7 Patients. J Pers Med. 2022;12(11):15-20.
26. Cruzado B, Mifsut D, Silvestre A. Ángulo de pendiente tibial posterior “Slope” en prótesis total de rodilla. Diferencias entre alineación Intra o Extramedular y su repercusión sobre el rango de movilidad postoperatorio. Rev Española Cirugía Osteoartíc. 2019;54:143-8.
27. Dejour D, Pungitore M, Valluy J, Nover L, Saffarini M, Demey G. Preoperative laxity in ACL-deficient knees increases with posterior tibial slope and medial meniscal tears. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2019;27(2):564-72.
28. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. Rev Española Cardiol. 2021;74(9):790-9.
29. Yim JH, Song EK, Khan MS, Sun Z hui, Seon JK. A comparison of classical and anatomical total knee alignment methods in robotic total knee arthroplasty. Classical and anatomical knee alignment methods in TKA. J Arthroplasty [Internet]. 2013;28(6):932-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2013.01.013>
30. Dossett HG, Estrada NA, Swartz GJ, LeFevre GW, Kwasman BG. A randomised controlled trial of kinematically and mechanically aligned total knee replacements: two-year clinical results. Bone Joint J [Internet]. 2014;96-B(7):907-13. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24986944>
31. Belvedere C, Tamarri S, Ensini A, Caravaggi P, Ortolani M, Lullini G, et al. Better joint motion and muscle activity are achieved using kinematic alignment than neutral mechanical alignment in total knee replacement. Gait Posture [Internet]. 2015;42:19-20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.07.043>
32. Waterson HB, Clement ND, Eyres KS, Mandalia VI, Toms AD. The early outcome of kinematic versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: a prospective randomised control trial. Bone Joint J [Internet]. octubre de 2016;98-B(10):1360-8. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27694590>
33. Calliess T, Bauer K, Stukenborg-Colsman C, Windhagen H, Budde S, Ettinger M. PSI kinematic versus non-PSI mechanical alignment in total knee arthroplasty: a prospective, randomized study. Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc. 2017;25(6):1743-8.
34. Matsumoto T, Takayama K, Ishida K, Hayashi S, Hashimoto S, Kuroda R. Radiological and clinical comparison of kinematically versus mechanically aligned total knee arthroplasty. Bone Jt J. 2017;99B(5):640-6.
35. Seon J-K, Song EK, Lee D-H, Yeo J-H, Jin C. Comparison of Outcome and Gait Analysis after Robotic Total Knee Arthroplasty Between Mechanical and Kinematic Knee Alignment Methods

- with Average 8 Years Follow Up. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2017;33(10):150-1.
36. Young SW, Walker ML, Bayan A, Briant-Evans T, Pavlou P, Farrington B. The Chitraranjan S. Ranawat Award: No Difference in 2-year Functional Outcomes Using Kinematic versus Mechanical Alignment in TKA: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(1):9-20.
37. Laende EK, Richardson CG, Dunbar MJ. A randomized controlled trial of tibial component migration with kinematic alignment using patient-specific instrumentation versus mechanical alignment using computer-assisted surgery in total knee arthroplasty. *Bone Jt J.* 2019;101-B(8):929-40.
38. Yeo JH, Seon JK, Lee DH, Song EK. No difference in outcomes and gait analysis between mechanical and kinematic knee alignment methods using robotic total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc [Internet].* 2019;27(4):1142-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-018-5133-x>
39. McEwen PJ, Dlaska CE, Jovanovic IA, Doma K, Brandon BJ. Computer-Assisted Kinematic and Mechanical Axis Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Controlled Trial of Bilateral Simultaneous Surgery. *J Arthroplasty [Internet].* 2020;35(2):443-50. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.08.064>
40. Young SW, Sullivan NPT, Walker ML, Holland S, Bayan A, Farrington B. No Difference in 5-year Clinical or Radiographic Outcomes between Kinematic and Mechanical Alignment in TKA: A Randomized Controlled Trial. *Clin Orthop Relat Res.* 2020;478(6):1271-9.
41. Sarzaeem MM, Rasi AM, Omrani FA, Darestani RT, Barati H, Moghaddam AN, et al. Comparison of pain and Oxford score of patients who underwent TKA with two methods of mechanical and kinematic alignment techniques. *Pakistan J Med Heal Sci.* 2021;15(1):665-70.
42. An VVG, Twiggs J, Leie M, Fritsch BA. Kinematic alignment is bone and soft tissue preserving compared to mechanical alignment in total knee arthroplasty. *Knee [Internet].* 2019;26(2):466-76. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2019.01.002>
43. Luceri F, Sosio C, Sirtori P, Battistella D, Zuffada M, Ulivi M, et al. Kinematic versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: A preliminary study. *J Biol Regul Homeost Agents.* 2020;34(4):139-43.
44. Abhari S, Hsing TM, Malkani MM, Smith AF, Smith LS, Mont MA, et al. Patient satisfaction following total knee arthroplasty using restricted kinematic alignment. *Bone Jt J.* 2021;103-B(7):59-66.
45. Alexander JS, Morris MJ, Lombardi, Jr A V., Berend KR, Crawford DA. Influence of Kinematic Alignment on Soft Tissue Releasing and Manipulation Under Anesthesia Rates in Primary Total Knee Arthroplasty. *Surg Technol Online.* 2022;41.
46. Elbuluk AM, Jerabek SA, Suhardi VJ, Sculco PK, Ast MP, Vigdorchik JM. Head-to-Head Comparison of Kinematic Alignment Versus Mechanical Alignment for Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty [Internet].* 2022;37(8):849-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2022.01.052>
47. Winnock de Grave P, Luyckx T, Claeys K, Tampere T, Kellens J, Müller J, et al. Higher satisfaction after total knee arthroplasty using restricted inverse kinematic alignment compared to adjusted mechanical alignment. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc [Internet].* 2022;30(2):488-99. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06165-4>
48. Choi BS, Kim SE, Yang M, Ro DH, Han HS. Functional alignment with robotic-arm assisted total knee arthroplasty demonstrated better patient-reported outcomes than mechanical alignment with manual total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc [Internet].* 2022;31(3):1072-80. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07227-5>
49. Lung BE, Donnelly MR, McLellan M, Callan K, Amirhekmat A, McMaster WC, et al. Kinematic Alignment May Reduce Opioid Consumption and Length of Stay Compared to Mechanically Aligned Total Knee Arthroplasty. *Orthop Surg.* 2022;15(2):432-9.
50. Ma R, Chen X, Li H, Wang Y, Li S, Li S, et al. Computer Navigation Assisted Restricted Kinematic Alignment Improves Short-Term Outcomes in Total Knee Arthroplasty: An Ambispective Cohort Study. *Orthop Surg.* 2022;15(2):460-70.

51. Wen L, Wang Z, Ma D, Zhao X. An early clinical comparative study on total knee arthroplasty with kinematic alignment using specific instruments versus mechanical alignment in varus knees. *Front Surg.* 2023;9:1-8.
52. Courtney PM, Lee GC. Early Outcomes of Kinematic Alignment in Primary Total Knee Arthroplasty: A Meta-Analysis of the Literature. *J Arthroplasty* [Internet]. 2017;32(6):2028-32.e1. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2017.02.041>
53. Yoon JR, Han SB, Jee MK, Shin YS. Comparison of kinematic and mechanical alignment techniques in primary total knee arthroplasty. *Med (United States)*. 2017;96(39):1-9.
54. Lee YS, Howell SM, Won YY, Lee OS, Lee SH, Vahedi H, et al. Kinematic alignment is a possible alternative to mechanical alignment in total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosoc.* 2017;25(11):3467-79.
55. Gao Z xiang, Long N ji, Zhang S yun, Yu W, Dai Y xin, Xiao C. Comparison of Kinematic Alignment and Mechanical Alignment in Total Knee Arthroplasty: A Meta-analysis of Randomized Controlled Clinical Trials. *Orthop Surg.* 2020;12(6):1567-78.
56. Roussot MA, Vles GF, Oussédik S. Clinical outcomes of kinematic alignment versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: A systematic review. *EFORT Open Rev.* 2020;5(8):486-97.
57. Liu B, Feng C, Tu C. Kinematic alignment versus mechanical alignment in primary total knee arthroplasty: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res* [Internet]. 2022;17(1):1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13018-022-03097-2>
58. Luo Z, Zhou K, Peng L, Shang Q, Pei F, Zhou Z. Similar results with kinematic and mechanical alignment applied in total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosoc* [Internet]. 2020;28(6):1720-35. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05584-2>
59. Tian G, Wang L, Liu L, Zhang Y, Zuo L, Li J. Kinematic alignment versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: An up-to-date meta-analysis. *J Orthop Surg.* 2022;30(3):1-11.
60. Van Essen J, Stevens J, Dowsey MM, Choong PF, Babazadeh S. Kinematic alignment results in clinically similar outcomes to mechanical alignment: Systematic review and meta-analysis. *Knee* [Internet]. 2023;40:24-41. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2022.11.001>
61. MacDessi SJ, Wernecke GC, Bastiras D, Hooper T, Heath E, Lorimer M, et al. Robotic-assisted surgery and kinematic alignment in total knee arthroplasty (RASKAL study): a protocol of a national registry-nested, multicentre, 2×2 factorial randomised trial assessing clinical, intraoperative, functional, radiographic and survivorship. *BMJ Open.* 2022;12(6).
62. MacDessi SJ, Griffiths-Jones W, Harris IA, Bellemans J, Chen DB. Coronal Plane Alignment of the Knee (CPAK) classification a new system for describing knee phenotypes. *Bone Jt J.* 2021;103 B(2):329-37.
63. Hsieh S-L, Lin T-L, Hung C-H, Fong Y-C, Chen H-T, Tsai C-H. Clinical and Radiographic Outcomes of Inversed Restricted Kinematic Alignment Total Knee Arthroplasty by Asia Specific (Huang's) Phenotypes, a Prospective Pilot Study. *J Clin Med.* 2023;12(6):2110.
64. López Alonso SR, Martínez Sánchez CM, Romero Cañadillas AB, Navarro Casado F, González Rojo J. Propiedades métricas del cuestionario WOMAC y de una versión reducida para medir la sintomatología y la discapacidad física. *Aten Primaria.* 2009;41(11):613-20.