

Artículo original

La importancia de la restauración de la línea articular en la revisión de la artroplastía total de rodilla. Índices funcionales, calidad de vida y supervivencia

Gómez-Vallejo J,* Albareda-Albareda J,* Seral-García B,* Blanco-Rubio N,*
Ranera-García M,** Ezquerro-Herrando L*

Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Zaragoza

RESUMEN. Introducción: La reproducción de la correcta línea articular podría ser un buen índice para la obtención de resultados satisfactorios en la cirugía protésica de rodilla, aunque en la cirugía de revisión no se ha estudiado ampliamente. Es necesaria la búsqueda de un método sencillo y reproducible para evaluar esos resultados. **Material y métodos:** Se realizó un estudio retrospectivo entre Enero del 2000 y Diciembre del 2013. Se implantaron 97 artroplastías totales de revisión de rodilla. El grupo de estudio lo conformaron 67 pacientes. Para la realización de nuestro trabajo se evaluó la línea articular según el método descrito por Hofmann A. La evaluación de los resultados clínicos incluyó las siguientes variables primarias: flexión, extensión, rango de movimiento, WOMAC, SF-36, KSS (*Knee Society Score*) y KSS funcional. Se estudió la supervivencia de las artroplastías. **Resultados:** Las variables de flexión, extensión y rango de movimiento postoperatorio se correlacionaron estadísticamente con esta medición. El KSS se relacionó estadísticamente en su vertiente articular con la restauración de la línea articular. Para el resto de escalas, SF-36 y WOMAC, las puntuaciones fueron más altas pero no se correlacionó con la significación aceptada. **Conclusión:** Ante estos resultados podemos afirmar que la restauración de la correcta línea articular mejora los resultados clínicos de la cirugía de revisión de rodilla.

Palabras clave: Línea articular, prótesis, rodilla, revisión, resultados

ABSTRACT. Introduction: The reproduction of the anatomical joint line could be a good index to obtain good results in knee prosthesis surgery, although in revision surgery has not been enough studied. A search for a simple and reproducible method is needed to review these results. **Material and methods:** A retrospective study was conducted between January 2000 and December 2013. A total of 97 total revision knee arthroplasties were implanted. Finally, the study group consisted of 67 patients. To perform our study, the joint line was evaluated according to the method described by Hofmann A. The evaluation of the clinical results included the following main variables: Flexion, extension, range of motion, WOMAC, SF-36, KSS (*Knee Society Score*) and functional KSS. The survival of the arthroplasties was studied. ($p = 0.05$). **Results:** The variables of flexion, extension and range of postoperative movement are statistically correlated with this measure. The KSS was statistically related in its joint aspect with the restoration of the joint line. For the other scales, SF-36 and WOMAC, the figures were higher but did not correlate with the accepted p. **Conclusion:** In view of these results, we can say that the restoration of the anatomical joint line improves the clinical results of revision total knee arthroplasty.

Key words: Joint line, knee replacement, revision, results.

Nivel de evidencia: IV

* Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa. Zaragoza.

** Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Obispo Polanco. Teruel.

Dirección para correspondencia:

Jesús Gómez-Vallejo

Joaquina Zamora 4, 4º B, CP 50018, Zaragoza, España. Teléfono: 0034 630382461

E-mail: jgomezvallejo@yahoo.es

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

Introducción

La revisión de la artroplastía total de rodilla plantea una serie de problemas muy complejos. La pérdida de hueso y la insuficiencia de los tejidos blandos son escollos principales a la hora de realizar una intervención de estas características.

Se ha aceptado el uso de cuñas y aumentos metálicos para compensar la pérdida de hueso. También está extendido el uso de injertos óseos triturados o estructurales con el fin de rellenar los defectos articulares.

Debido a estos problemas de partida, la recuperación de las dimensiones anatómicas previas se plantea como un problema principal en este tipo de cirugía.

Uno de los retos más difíciles en la cirugía de revisión de la artroplastía de rodilla es la restauración anatómica de la línea articular. Una línea articular incorrecta ha demostrado que no sólo conduce a la inestabilidad de la articulación, sino también a una mayor incidencia de dolor y alteración de la función.^{1,2,3,4}

Si la línea se desplaza proximalmente, el paciente posee a menudo una inestabilidad en la flexión media. La rodilla es estable en plena extensión y en 90° de flexión. Este fenómeno se produce por las restricciones que provocan las estructuras capsulares posteriores.⁵ El resultado es una pseudopata baja que puede causar rozamiento en el componente tibial. Clínicamente se presenta como dolor anterior de rodilla y disminución de la flexión.⁶ Si el conjunto anatómico se desplaza distalmente, un problema menos común, la rótula alta es la consecuencia, alterando el mecanismo extensor y aumentando el riesgo de subluxación patelar.

No hay ninguna norma anatómica de medición intraoperatoria para identificar correctamente la línea articular. Algunos autores toman la medida desde el tubérculo aductor hasta la línea articular femoral,⁷ otros han descrito fórmulas como el índice del tubérculo aductor.⁸ La obtención de medidas postoperatorias se suele realizar en el estudio radiológico anteroposterior, aunque también se puede utilizar la vista lateral desde los epicóndilos hasta la superficie articular distal y posterior.⁹ Se ha usado la zona proximal de la tibia o peroné de igual manera como método de referencia, aunque estos sistemas de medición son menos comunes.¹⁰ Debido a esta variedad en las técnicas de medición de la línea anatómica y su aplicación se hace necesaria la búsqueda de un método sencillo y de fácil ejecución.

El propósito de este artículo fue realizar un análisis clínico y radiológico en el recambio de la artroplastía total de rodilla, evaluar la restauración de la línea articular medida en una radiografía anteroposterior y analizar la supervivencia de los implantes.

Material y métodos

Se realizó un estudio retrospectivo de Enero de 2000 a Diciembre de 2013. Se incluyeron todos aquellos pacientes a los cuales se les realizó una primera cirugía de recambio

de una artroplastía total de rodilla. Se excluyeron los pacientes que presentaron un recambio parcial o los recambios sépticos.

Se implantaron 97 artroplastías totales de revisión de rodilla en 97 pacientes. Veintiún pacientes se perdieron en el postoperatorio y nueve recambios fueron sépticos.

El grupo de estudio lo conformaron 67 pacientes, la media de seguimiento fue de 7 años (rango de 2-15 años). Siendo la desviación típica de tres años.

Para la realización de la intervención se empleó el sistema cementado Natural Knee II (Centerpulse® Warsaw, IN) en 29 y la prótesis de recambio de fijación híbrida P.F.C. TC-3 Sigma (DePuy® Raynham, MA) en 38. Se analizaron los estudios radiológicos previos a la intervención tanto de la rodilla intervenida como de la contralateral y las radiografías posteriores a la intervención. Para la realización de nuestro estudio se evaluó la línea articular según el método descrito por Hofmann A et al.⁷ En primer lugar fue necesario realizar una línea paralela a la porción distal de los cóndilos femorales (o la porción más distal del componente femoral en el caso del estudio postoperatorio) en la radiografía anteroposterior de la rodilla. En seguida se realizó la perpendicular a esta línea tomando como referencia el tubérculo del aductor en el punto donde la pendiente varía de convexidad. Si en la rodilla afectada resultaba imposible medir la línea articular, se empleó para la medición la rodilla contralateral (*Figura 1*).

Los posibles errores de magnificación radiológicos fueron corregidos empleando las dimensiones conocidas de los implantes. Para el análisis de los datos obtenidos, se dividieron en tres grupos diferentes. Se consideró como un resultado normal aquel en que la línea articular postoperatoria se encontraba entre +4 mm (desplazamiento hacia distal de la línea articular) y 4 mm (desplazamiento hacia proximal de la línea articular). Este resultado es obtenido a partir de la resta entre la línea postoperatoria menos la preoperatoria tomando como valor 0 aquel en el cual la distancia se encontraba al mismo nivel de milímetros.

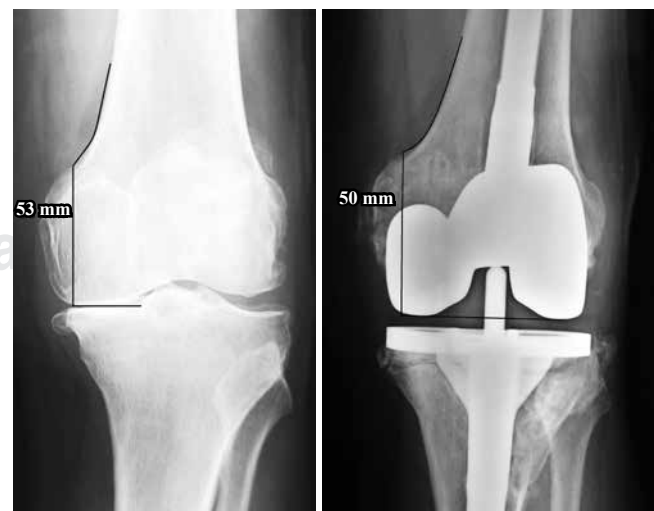


Figura 1. Técnica de medición en la radiografía AP.

Se han creado dos variables para cuantificar la posición de la línea articular (Figura 2).

Línea 4: variable cualitativa. Indican los casos que se encuentran en el rango correcto entre -4 y +4 mm (s) y cuáles no (n).

Línea 4 plus: variable cualitativa que agrupa los casos en tres grupos; < 4, 0 y > 4.

La evaluación de los resultados clínicos incluyó las siguientes variables primarias: flexión, extensión, rango de movimiento, WOMAC, SF-36, KSS (*Knee Society Score*) y KSS Funcional.

Posteriormente se estudió la supervivencia de las artroplastías.

Para la comparación de variables cuantitativas que seguían la distribución normal con variables dicotómicas se utilizó la prueba de T-Student. Para saber si una distribución cuantitativa seguía las reglas de la normalidad se aplicó el test de Kolmogórov-Smirnov.

Para comprobar la relación entre dos variables cuantitativas se utilizó la prueba de correlación de Pearson. El estudio de supervivencia se realizó mediante el análisis de Kaplan-Meier.

El nivel de significancia estadística se estableció en una $p = 0.05$.

Resultados

Las variables de rango de movimiento postoperatorio se correlacionaron estadísticamente con esta medición. Una línea articular desplazada a distal se relaciona estadísticamente con una deficiencia en la extensión y una línea desplazada a proximal se correlaciona con un descenso de la flexión. El descenso del balance articular es mayor en los casos de desplazamiento proximal ($p < 0.05$) (Tabla 1 y Figura 3).

El índice de valoración clínica KSS se relacionó estadísticamente en su vertiente articular con la restauración de la línea articular ($p < 0.05$). Es decir, una línea muy desplazada a proximal o a distal se relaciona con menores índices clínicos. No pudimos encontrar esa inferencia respecto a la variante funcional.

Para el resto de escalas, SF-36 y WOMAC, las puntuaciones fueron más altas para el grupo que mantenía la línea articular, pero no se correlacionó con la significación aceptada. El grupo que conservaba la anatomía previa sí obtuvo un mayor aumento de la puntuación articular del KSS entre el preoperatorio y el postoperatorio ($p < 0.05$). Es decir, la mejoría fue mayor una vez realizado el recambio (Tabla 1).

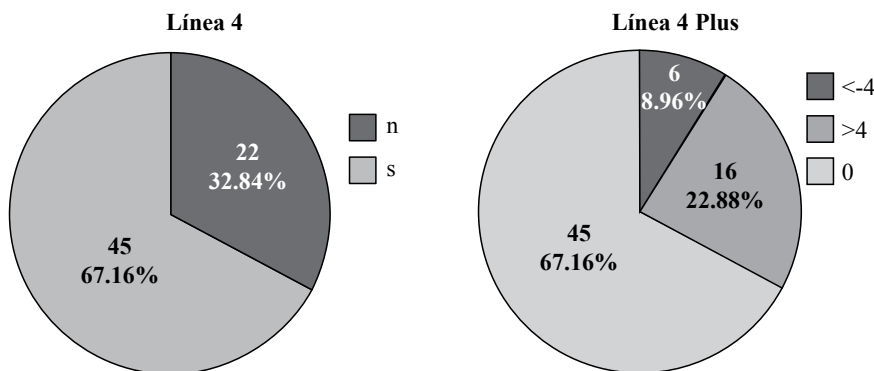
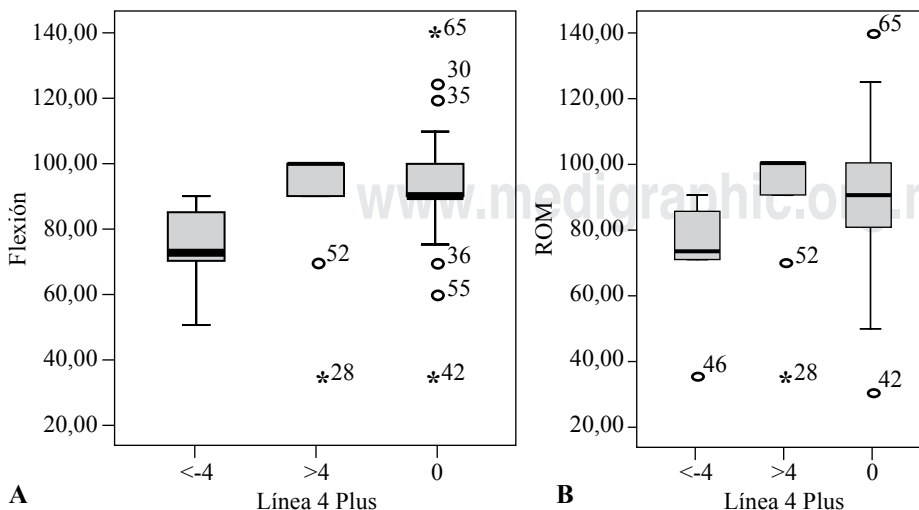


Figura 2.

Sectores que representan el porcentaje de pacientes que se engloban en las diversas maneras de representar la línea articular.



Figuras 3 A y B.

Comportamiento de la flexión y ROM respecto a la conservación de la línea articular.

Tabla 1. Resultados de las variables primarias.

	Línea 4 Plus	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
KSS Funcional	0	45	74.7333	14.98696	2.23412
	> 4	16	75.4375	14.61492	3.65373
	< -4	6	72.1667	14.14803	5.77591
KSS	0	45	75.3556	16.79036	2.50296
	> 4	16	63.5000	21.76542	5.44135
	< -4	6	60.8333	12.05681	4.92217
Flexión	0	45	92.6667	17.56676	2.61870
	> 4	16	87.8125	22.05816	5.51454
	< -4	6	73.3333	14.02379	5.72519
Extensión	0	45	3.3333	5.64076	0.84087
	> 4	16	0.0000	0.00000	0.00000
	< -4	6	2.5000	6.12372	2.50000
ROM	0	45	89.3333	20.28098	3.02331
	> 4	16	87.8125	22.05816	5.51454
	< -4	6	70.8333	19.34339	7.89691
Sf físico	0	45	59.6889	16.44799	2.45192
	> 4	16	54.6542	11.39887	2.84972
	< -4	6	59.7675	19.89548	8.12229
Sf mental	0	45	67.5881	15.58309	2.32299
	> 4	16	59.1275	9.99204	2.49801
	< -4	6	74.7917	15.97452	6.52157
SF-36	0	45	64.8112	14.77734	2.20288
	> 4	16	56.7659	9.21948	2.30487
	< -4	6	69.3629	16.52098	6.74466
Sf año	0	45	54.6889	18.55437	2.76592
	> 4	16	39.7500	9.41984	2.35496
	< -4	6	58.3333	25.81989	10.54093
WOMAC 100	0	45	74.6065	17.12827	2.55333
	> 4	16	67.8385	6.03658	1.50914
	< -4	6	73.7847	7.01612	2.86432
WOMAC dolor 100	0	45	79.8889	13.16369	1.96233
	> 4	16	79.3750	7.93200	1.98300
	< -4	6	82.5000	8.21584	3.35410
WOMAC rigidez 100	0	45	73.0556	18.06624	2.69316
	> 4	16	67.1875	11.06327	2.76582
	< -4	6	81.2500	17.23006	7.03414
WOMAC función 100	0	45	73.2353	19.86061	2.96065
	> 4	16	64.5221	7.12135	1.78034
	< -4	6	70.3431	8.59592	3.50927
Diferencia kss	0	45	42.0889	21.63417	3.22503
	> 4	16	26.6875	17.63602	4.40900
	< -4	6	27.5000	18.83348	7.68874
Diferencia kss func	0	45	41.5111	22.31451	3.32645
	> 4	16	45.6875	21.39383	5.34846
	< -4	6	34.0000	13.52036	5.51966
Dif rom	0	45	18.5556	19.68451	2.93439
	> 4	16	19.3750	24.62214	6.15554
	< -4	6	-1.3333	13.44123	5.48736

La supervivencia a los 10 años fue de 97% si la restauración se realizó de manera correcta. La estimación de supervivencia a los cinco años descendió 13% y a los 10 años 31% en el grupo que no respetó la anatomía previa. El riesgo de fracaso fue nueve veces mayor en este grupo (IC 95% 1-79).

Respecto al sentido del desplazamiento de la línea articular fue mucho más catastrófico cuando se desplazó a proximal, ya que la estimación de supervivencia más allá de los ocho años fue de 0%; si se desplazó a distal la estimación fue de 76% a los 10 años ($p < 0.05$). Y la proporción de

riesgo fue 14 veces mayor en los casos de desplazamiento proximal (IC 95% 1.2-158.4).

Discusión

A la luz de los datos de este estudio podemos considerar la línea articular como uno de los mayores predictores de resultados clínicos y supervivencia en la artroplastía de revisión de rodilla.

Varios estudios publicados han informado de la importancia de restablecer el buen conjunto articular. Figgie et al¹ demostraron que cuando se utiliza un implante estabilizado posterior, el desplazamiento distal de la línea superior a 8 mm se relaciona con un menor resultado clínico; el desplazamiento distal se asocia con dolor retropatelar y aumento del riesgo de subluxación de rótula. En una revisión de 101 pacientes consecutivos con 116 rodillas y 2.5 años de seguimiento, el desplazamiento de la línea de 8 mm o menos supuso mejores resultados clínicos, la mejora de la amplitud de movimiento y la ausencia de dolor. Esto produjo un índice menor de recambio protésico.

Otro estudio similar fue publicado por Partington et al.¹¹ Ellos siguieron a 99 pacientes en 107 rodillas. Sus resultados mostraron que la línea articular se desplazó a proximal en 85 (79%) de 107 rodillas. El promedio KSS después de la cirugía fue 131. Sin embargo, si la posición se desplazó a distal más de 8 mm, el KSS se redujo a 125 puntos. Cuando el conjunto de línea estuvo dentro de los 8 mm respecto a la previa, la puntuación media fue de 141 puntos. En nuestro estudio el KSS global de los pacientes con la línea restaurada se fijó en 150, aunque el rango de desplazamiento era más exigente (tan solo 4 mm). Si el desplazamiento era a distal fue de 138 y de 133 si la línea se desplazó a proximal.

Una mala posición de la línea articular puede ser causa de inestabilidad protésica en media flexión y una incongruencia femoropatelar.¹² La inestabilidad es una de las principales causas de fracaso de la artroplastía. Cuando ambos ligamentos colaterales están poco tensos en extensión, es decir, se ha desplazado la línea articular a proximal, es la cápsula posterior la que se encarga de estabilizar la rodilla. Pero al comenzar la flexión ésta se relaja y aparece un resalte con una inestabilidad que desaparecerá con la flexión completa, ya que los cóndilos posteriores se engranan sobre el polietileno. El resultado del desplazamiento hacia distal de la línea articular suele acompañarse de un déficit de extensión.¹³ Estos cambios han sido observados en nuestro estudio, aunque en todos los casos se han considerado prótesis estables.

Hoffman et al, demostraron que con la reproducción exacta de la anatomía los pacientes tenían una mayor flexión y extensión, balance articular y mejores resultados en la escala KSS.⁷ Las diferencias fueron estadísticamente significativas en los casos con desplazamiento proximal o distal. Los pacientes cuya línea se trasladó a proximal o distal en una longitud superior a 4 mm de la medida anatómica

antes de la artroplastía poseían un empeoramiento clínico medido en la escala KSS. Además, no había ninguna diferencia estadística en los resultados si el paciente había sido revisado por aflojamiento aséptico, inestabilidad o cualquier otro mecanismo. Respecto a la variante funcional del KSS, aunque los resultados descendieron, no se pudo demostrar su relación con la posición de la línea; a ese respecto, Babazadeh et al tampoco encontraron esa correlación funcional cuando medían la distancia desde el fémur, pero en su serie, el número de prótesis que variaban de la posición correcta más de 8 mm era sólo de 2%.¹⁴ Clavé et al sí pudieron encontrar esa inferencia en las dos vertientes del KSS en un estudio multicéntrico de 85 pacientes.¹⁵

Se han intentado estudiar varios métodos para medir el correcto emplazamiento de la línea articular intraoperatoriamente y en los controles posteriores radiológicos. El sistema adecuado debería ser simple en la aplicación, reproducible a lo largo del tiempo y de fácil comprensión de los resultados.

No hay ninguna norma anatómica de medición para identificar correctamente la línea articular. Como indicamos anteriormente, algunos cirujanos toman como punto de referencia en la radiografía anteroposterior el tubérculo aductor hasta la porción femoral de la línea, otros el ápex de la cabeza proximal del peroné; también se podría valorar en la radiografía lateral utilizando como punto de referencia la porción posterior de los cóndilos femorales o el punto más proximal de la tuberosidad tibial anterior.¹⁰ También se ha utilizado la cirugía asistida por computador («cirugía navegada») para intentar mejorar la reproducción correcta de la misma, siendo los resultados no concluyentes.¹⁶

El método que hemos utilizado en este estudio nos parece el más sencillo. Durante el acto quirúrgico es necesaria una valoración preoperatoria exhaustiva, que junto a la experiencia del cirujano serán elementos fundamentales para la orientación y la valoración de la pérdida ósea. Si es necesario se podría utilizar una regla milimetrada intraoperatoria. En el estudio postoperatorio sobre pruebas de imagen el método es rápido y reproducible. El factor de corrección para las radiografías amplificadas o reducidas es muy efectivo y nos da una representación muy acorde con la realidad de la medida correcta.¹⁷

La decisión de tomar el corte de grupos en 4 mm fue tomada con base en la publicación de Hofmaan et al,⁷ donde dentro de ese rango las variaciones de la línea no influirían en la evolución de la prótesis. Nuestros resultados se asemejan a las conclusiones de este estudio, aunque tienden a comparar dos grandes grupos, uno donde la línea está dentro del parámetro más-menos 4 y el resto, perdiendo de esta manera información sobre qué ocurre si el desplazamiento es proximal o distal. En nuestros valores globales (al comparar las artroplastías con líneas en los parámetros establecidos con las que no) hemos encontrado correlaciones más débiles. Parece aceptado que el desplazamiento de la línea hacia distal es mejor tolerado que hacia proximal, es decir, los primeros tienden a tener mejores índices, por lo que al

unir estos dos grupos (los que poseen desplazamiento proximal con los que lo poseen distal) los resultados podrían compensarse¹⁸ y así no diferenciarse del grupo que posee la línea a la distancia correcta. Globalmente se consideró dentro de los parámetros normales a 67% de los casos. Porteous et al lograron en 64% de sus casos restaurar la línea articular, aunque marcan en 5 mm la diferencia límite para dar como correctos sus resultados.¹⁷

Según los datos obtenidos en este estudio, la restauración de la correcta línea articular parece ser un factor determinante en la supervivencia de los implantes. La línea articular correcta de éstos es de 97% a los 10 años; si el desplazamiento es hacia distal la supervivencia es de 73%, y si se desplaza a proximal, a los ocho años, la supervivencia ya es de 0%. El riesgo de fracaso se incrementó nueve veces en el grupo que no respetó la línea articular, además de ser el factor más influyente entre todos los previos en la supervivencia del implante.

Además de su carácter retrospectivo y del número de casos de la población a estudio, otro de los puntos débiles de este estudio sería suponer que una simple medición en una radiografía anteroposterior, criticada por diversos autores,¹⁹ engloba el éxito o el fracaso de la cirugía de revisión. Aunque pensamos que es un método claro, sencillo y efectivo, forma parte de un concepto mucho más global. Probablemente, en el futuro sea necesaria la utilización de TC o RM.²⁰ Este artículo tiene como novedoso la inclusión de encuestas de calidad de vida, que aunque no sean concluyentes, podrían serlo diseñando estudios más amplios.

Parece claro que la línea articular influye en los resultados clínicos y ésta puede alterar el eje y distribución de fuerzas, provocando sobrecargas en la transmisión de los vectores sobre los materiales, aumentando de esta manera la acumulación de tensiones en zonas óseas determinadas («*stress shielding*») y las posibilidades de fatiga del material.²¹ Una incidencia no uniforme de esas fuerzas al variar la línea articular sobre el polietileno produciría un aumento de su desgaste, pudiendo propiciar el aflojamiento aséptico,²² aunque se da por asumido que la línea articular previa a la primera cirugía es la correcta y ésta podría no serlo, sobre todo en pacientes con severa destrucción articular.

Ante estos resultados podemos afirmar que la restauración de la correcta línea articular mejora los resultados clínicos de la cirugía de revisión de rodilla. Además, la mediación de la posición de la línea articular en la radiografía anteroposterior tiene relación con los resultados clínicos y la supervivencia de la revisión de la artroplastía total de rodilla. Se hacen necesarios estudios de imagen en tres dimensiones para poder valorar el alcance de la reproducción de la anatomía previa en toda su extensión.

Ningún autor posee ningún conflicto de intereses que declarar.

El estudio ha sido aprobado por el órgano competente de dirección de este Centro.

Bibliografía

1. Figgie HE 3rd, Goldberg VM, Heiple KG, Moller HS 3rd, Gordon NH: The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with the posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1986; 68(7): 1035-40.
2. Mahoney OM, Kinsey TL: Modular femoral offset stems facilitate joint line restoration in revision knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 446: 93-8.
3. Romero J, Seifert B, Reinhardt O, Ziegler O, Kessler O: A useful radiologic method for preoperative joint-line determination in revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2010; 468(5): 1279-83.
4. Martin JW, Whiteside LA: The influence of joint line position on knee stability after condylar knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; (259): 146-56.
5. Hoeffel DP, Rubash HE: Revision total knee arthroplasty: current rationale and techniques for femoral component revision. *Clin Orthop Relat Res.* 2000; (380): 116-32.
6. Yoshii I, Whiteside LA, White SE, Milliano MT: Influence of prosthetic joint line position on knee kinematics and patellar position. *J Arthroplasty.* 1991; 6(2): 169-77.
7. Hofmann AA, Kurtin SM, Lyons S, Tanner AM, Bolognesi MP: Clinical and radiographic analysis of accurate restoration of the joint line in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2006; 21(8): 1154-62.
8. Luyckx T, Beckers L, Colyn W, Vandenuecker H, Bellemans J: The adductor ratio: a new tool for joint line reconstruction in revision TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014; 22(12): 3028-33.
9. Ozkurt B, Sen T, Cankaya D, Kendir S, Basarir K, Tabak Y: The medial and lateral epicondyle as a reliable landmark for intra-operative joint line determination in revision knee arthroplasty. *Bone Joint Res.* 2016; 5(7): 280-6.
10. Scuderi GR, Insall JN: Revision total knee arthroplasty with cemented fixation. *Tech Orthop.* 1993; 7(4): 96-105.
11. Partington PF, Sawhney J, Rorabeck CH, Barrack RL, Moore J: Joint line restoration after revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1999; (367): 165-71.
12. Clarke HD, Scuderi GR: Flexion instability in primary total knee replacement. *J Knee Surg.* 2003; 16(2): 123-8.
13. Singerman R, Heiple KG, Davy DT, Goldberg VM: Effect of tibial component position on patellar strain following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1995; 10(5): 651-6.
14. Babazadeh S, Dowsey MM, Swan JD, Stoney JD, Choong PF: Joint line position correlates with function after primary total knee replacement: a randomised controlled trial comparing conventional and computer-assisted surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 2011; 93(9): 1223-31.
15. Clavé A, Le Henaff G, Roger T, Maisongrosse P, Mabit C, Dubrana F: Joint line level in revision total knee replacement: assessment and functional results with an average of seven years follow-up. *Int Orthop.* 2016; 40(8): 1655-62.
16. Jawhar A, Hutter K, Scharf HP: Are joint line changes after primary navigated total knee arthroplasty predictable? *J Orthop Sci.* 2015; 20(1): 93-100.
17. Porteous AJ, Hassaballa MA, Newman JH: Does the joint line matter in revision total knee replacement? *J Bone Joint Surg Br.* 2008; 90(7): 879-84.
18. Elia EA, Lotke PA: Results of revision total knee arthroplasty associated with significant bone loss. *Clin Orthop Relat Res.* 1991; (271): 114-21.
19. Mason M, Belisle A, Bonutti P, Kolisek FR, Malkani A, Masini M: An accurate and reproducible method for locating the joint line during a revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2006; 21(8): 1147-53.
20. Maderbacher G, Keshmiri A, Schaumburger J, Springorum HR, Zeman F, Grifka J, et al: Accuracy of bony landmarks for restoring the natural joint line in revision knee surgery: an MRI study. *Int Orthop.* 2014; 38(6): 1173-81.
21. McCarthy CK, Steinberg GG, Agren M, Leahey D, Wyman E, Baran DT: Quantifying bone loss from the proximal femur after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1991; 73(5): 774-8.
22. Sundfeldt M, Carlsson LV, Johansson CB, Thomsen P, Gretzer C: Aseptic loosening, not only a question of wear: a review of different theories. *Acta Orthop.* 2006; 77(2): 177-97.