



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Departamento de Ciencias de la Salud

Área de Cirugía

TESIS DOCTORAL

**Influencia De Los Factores Biomecánicos
En Las Fracturas Periprotésicas De Rodilla**

José Carlos Díaz Miñarro

Jaén, 13 de Febrero de 2018

DIRECTOR

Esta Tesis Doctoral ha sido dirigida por D. Alberto D. Delgado Martínez, Doctor en Medicina y Cirugía, Médico especialista en Cirugía Ortopédica y Traumatología, Profesor asociado del Departamento de Ciencias de la salud, área de cirugía, de la Universidad de Jaén y Facultativo Especialista de Área en el Complejo Hospitalario de Jaén.

AGRADECIMIENTOS

Éstas son las páginas que más he disfrutado escribiendo, no sólo porque han sido las últimas de ésta Tesis Doctoral, si no porque suponen el merecido reconocimiento a todos aquellos que de alguna manera han aportado su granito de arena en éste trabajo.

Así que MUCHAS GRACIAS,

A Alberto Delgado, compañero y amigo, por su ayuda y disposición en todos estos años. Fue él quien me animó a empezar y sin su ayuda, correcciones y sugerencias nunca podría haberla terminado.

A todos los compañeros de profesión que me animaron a dedicar parte de mi tiempo a la investigación. En especial a Pedro Carpintero, una enciclopedia andante, quien siempre te anima a seguir preguntando y cuestionándote cosas.

A Alberto Izquierdo, que estando en mi primer año de residencia fue quien me dijo "niño, cógete estos pacientes y a ver qué te sale" (por algo hay que empezar). Eso nos llevó a presentar un sencillo trabajo en Jaén hace 5 años y ahora vuelvo a ésta misma ciudad para traer algo "un poco" más grande.

A Valeriano Artime, jefe y amigo en Écija, por su forma de hacerme sentir útil e importante hasta en las más pequeñas decisiones.

A todos los buenos compañeros y amigos de Granada que hicieron los primeros pasos de esta profesión infinitamente más fáciles. A Juan Tercedor por darme libertad para operar y enseñarme todos los días un poquito más. A Chema por las risas y lecciones de vida. Y por supuesto a Dani, Ángel, María y Celia, que hicieron que la aventura mereciera la pena.

A mis tres jalanders favoritos, Alberto, Manu y Ángel. La especialidad no hubiera sido lo mismo sin ellos (y sin sus tonterías). Sueño con una unidad de Traumatología sólo con nosotros: maletines en mano y largas charlas por los pasillos. Tres compañeros de profesión y tres amigos para toda la vida.

Al hombro, no a uno en particular, si no a todos los hombros en general. Porque me gusta y porque me quiero dedicar a ello en el futuro (inmediato), así espero que incluyéndolo en esta tesis el karma me devuelva muchas alegrías con él.

A los buenos amigos que guardo de la época de facultad: Belén, Eugenio, Rocío, Pepe, Ana, Sebas, Consu, Noe... pero en especial a Antonio Calderón. Quien lo conoce sabe que tenerlo cerca es sinónimo de alegría y buen rollo. Repetiría la carrera siempre y cuando fuera con él.

A mis amigos de la infancia, Antonio Pablo, Rafa, Fernando, Carlos, Jorge y Paco, porque si no pensara en ellos en cada decisión que tomo no sería fiel a mí mismo y a lo que soy. Nunca hay que perder de vista a los buenos amigos, y éstos son los mejores. A veces me hacen ir más despacio pero gracias a ellos he llegado más lejos.

A mi yo del pasado, al que le doy las gracias por dedicarle demasiadas horas a éste proyecto y le perdono por habérselas robado a otras tantas cosas.

A mi yo del futuro, para arrancarle una sonrisa si alguna vez vuelve a leer estas páginas de nuevo. Espero que todo te vaya tal y como siempre has deseado.

Y en especial, MUCHAS, MUCHAS, MUCHÍSIMAS GRACIAS

A mi familia. A toda mi familia, a los que tengo cerca y a los que no. Porque si volviera a nacer los escogería de nuevo para subirse a mi autobús.

A papá y a mamá, que siempre han estado a mi lado y siempre lo estarán. Sé que ni en cien vidas podré hacer suficiente para compensarles todo el amor, la dedicación, el cariño, la atención, el tiempo... y en definitiva la FELICIDAD que me han dado día a día (y no se cansan de darme) durante todos estos años.

A Maite (decir "mi mujer" aún me suena raro), porque llena mi vida de tranquilidad y paz. Le importan mis problemas más de lo que me importan a mí y sé que esta Tesis le ha preocupado mucho más a ella que a mí. Todos los sacrificios merecerán la pena si eso significa poder estar a su lado en ésta aventura para toda la vida.

D. Alberto D. Delgado Martínez, Profesor asociado del Departamento de Ciencias de la salud de la Universidad de Jaén, y Facultativo Especialista de Área del complejo hospitalario de Jaén,

CERTIFICA:

Que D. José Carlos Díaz Miñarro ha realizado, bajo su dirección, el trabajo titulado *Influencia de los Factores Biomecánicos en las Fracturas Periprotésicas de Rodilla*, y que presenta como tesis doctoral para la obtención del grado de Doctor en Medicina y Cirugía.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Delgado', with a horizontal line drawn underneath the name.

Fdo: D. Alberto D. Delgado Martínez

Jaén, a 13 de Febrero de 2018

TESIS DOCTORAL COMO COMPENDIO DE PUBLICACIONES

1. **Minarro JC**, Urbano-Luque MT, Quevedo-Reinoso R, López-Pulido MJ, González-Fernández A, Delgado-Martínez AD. **“Is Obesity Related With Periprosthetic Fractures Around The Knee?”**. Int Orthop. 2016 Aug;40(8):1583-6. doi:10.1007/s00264-015-3071-5
 - Factor de Impacto 2016 JCR: 2.52 - Categoría Orthopedics Primer Cuartil

2. **Minarro JC**, Urbano-Luque MT, López-Jordán A, López-Pulido MJ, González-Fernández A, Delgado-Martínez AD. **“Is The Fracture Pattern In Periprosthetic Fractures Around The Knee Related With The Anterior Femoral Notch?”**. J Clin Orthop Trauma. 2017. In press. doi.org/10.1016/j.jcot.2017.10.001
 - Factor de Impacto 2016 SJR: 0.246 - Categoría Orthopedics and Sport Medicine Cuarto Cuartil

3. **Díaz Miñarro JC**, Tercedor Sánchez J, Delgado Martínez AD. **Fracturas Periprotésicas De Fémur Distal. “Periprosthetic Distal Femoral Fractures”**. Rev. S. And. Traum. y Ort., 2017; 34 (3/4): 27-34.
 - Revista de carácter nacional indexada sin factor de impacto.

ÍNDICE

○ Resumen	5
○ Introducción a las Fracturas Periprotésicas de Fémur Distal	9
○ Estudio 1: El Patrón de la Fractura Periprotésica y su Relación con la Muesca Femoral Intraoperatoria	19
○ Estudio 2: Obesidad y Fracturas Periprotésicas	27
○ Limitaciones de los estudios	37
○ Conclusiones	41
○ Referencias	45
○ Producción Científica	53
○ Premios	56
○ Compendio de Artículos	59

RESUMEN



RESUMEN

El número de cirugías de reemplazo protésico de rodilla aumenta diariamente a nivel global. La necesidad social así como un aumento en la calidad de vida y bienestar ciudadano hace que este procedimiento sea habitual en cualquier ámbito hospitalario de nuestro entorno. Tanto es así que se considera el procedimiento más frecuente en algunas áreas sanitarias.

Una prótesis de rodilla conlleva, además de las ventajas inherentes, un amplio abanico de posibles complicaciones. Aunque muchas de ellas se presentan en los primeros meses tras la cirugía, la mayoría pueden aparecer en cualquier momento de la vida del paciente.

Entre dichas complicaciones, una de las más graves es la fractura periprotésica, que es aquella que aparece entre los 8-15 cm (varía según autores) por encima del escudo anterosuperior de la prótesis. Esta complicación conlleva a una impotencia funcional severa que suele precisar en la inmensa mayoría de ocasiones una nueva cirugía (con las complicaciones que ello entraña).

A lo largo de los últimos años se han relacionado diferentes factores de riesgo con la aparición de estas fracturas periprotésicas. Desde los más habituales como la osteoporosis y la muesca (o “notch”, en inglés) intraoperatoria del fémur, hasta otros menos conocidos como enfermedades neurológicas o reumatológicas.

En nuestro primer estudio quisimos analizar la influencia de un factor hasta éste momento no evaluado como es el Índice de Masa Corporal (IMC). Para ello seleccionamos un grupo de 49 pacientes (47 mujeres y 2 hombres) que habían sido atendidos en nuestro centro por presentar una fractura periprotésica entre Enero de 2010 y Diciembre de 2013. Así mismo se calculó un grupo

control de 97 pacientes (80 mujeres y 17 hombres) intervenido de Prótesis total de rodilla con un tiempo de seguimiento igual o mayor que el grupo de fracturas periprotésicas.

Dividimos ambos grupos en subpoblaciones dependiendo de su IMC y analizamos si éste podría estar relacionado con una mayor incidencia de fracturas. Tras los resultados obtenidos pudimos concluir que un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$ no se relacionaba con este tipo de fracturas ($p < 0,05$) por lo que la Obesidad no debería ser considerada como un factor de riesgo.

En nuestro segundo estudio nos propusimos estudiar la relación de la muesca intraoperatoria femoral con el patrón de fractura. La relación muesca-fractura ha estado siempre en debate debido a que hay estudios biomecánicos que la apoyan a partir de 3mm de profundidad de la muesca, pero también existen sólidos estudios clínicos que determinan la ausencia de relación entre éstos. Para dicho estudio ampliamos un poco la misma base de datos dejando el grupo de fracturas en 50 pacientes (48 mujeres y 2 hombres) y el grupo control en 100 pacientes (92 mujeres y 8 hombres). En esta ocasión quisimos analizar en ambos grupos la existencia de muesca intraoperatoria femoral, y en el grupo de las fracturas la relación que existía entre éste y el patrón de la fractura. Nuestro análisis del patrón de la fractura fue simple pero pensamos que efectivo. Medimos la distancia desde el borde del escudo hasta el trazo más distal (d) y al más proximal de la fractura (D). Si la muesca intraoperatoria fuera realmente un factor de riesgo el trazo de la fractura más distal (d) debería pasar a través de ella, ya que el área de influencia de la muesca es justo la zona del escudo ($d = 0$). Tras analizar los datos obtenidos concluimos que no existía relación entre la muesca intraoperatoria y la fractura en grados leves del mismo ($< 3\text{mm}$).

INTRODUCCIÓN

A LAS FRACTURAS PERIPROTÉSICAS
DE FÉMUR DISTAL



INTRODUCCION A LAS FRACTURAS PERIPROTÉSICAS DE FÉMUR DISTAL

La fractura periprotésica alrededor de la rodilla es una complicación rara que aparece tras una prótesis primaria de rodilla (0,3-2,5% dependiendo de las series) [1–5]. Cada vez son más frecuentes debido al auge de la artroplastia en las últimas décadas y al envejecimiento de la población. Suelen presentarse en mujeres por encima de 70 años tras un traumatismo de baja energía[2, 6, 7]. La localización más frecuente de la fractura, con diferencia, es en el extremo distal del fémur, donde se combinan tanto fuerzas torsionales como cargas de flexión [1, 8] como podemos ver en la Figura 1.



Figura 1: Algunos de los patrones más habituales en la clínica de fracturas periprotésicas

CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS

Existen muchos métodos de clasificación de las fracturas periprotésicas: Neer y cols (1967) determinada por el grado y la dirección del desplazamiento [9]; DiGioia y Rubash (1991) que simplificaba levemente la anterior y modificaba los parámetros para considerar el desplazamiento y la angulación [10]; Chen y cols (1994) quien tras muchos años de investigación y experiencia redujo su clasificación a 2 tipos: No desplazada y Desplazada [11]; Lewis y Rorabeck (1997) la más utilizada entre los cirujanos (Figura 2) y la primera que tiene en cuenta el estado de la prótesis [12]; Su y cols (2004) que tiene en cuenta el patrón de la fractura [3]; Kim y cols (2006) dividen la lesión en cuatro categorías dependiendo si la fractura es reductible, si hay buen stock óseo distal y si el componente está fijo o se ha movilizado [13].

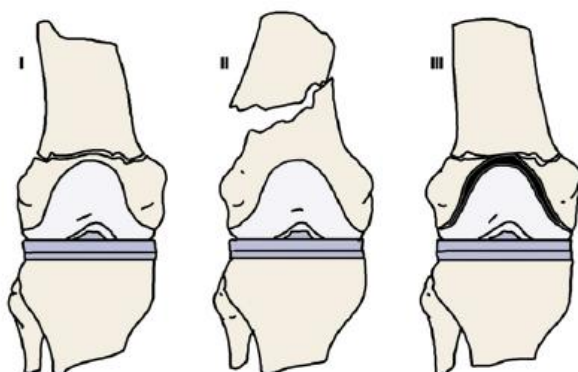


Figura 2: Clasificación de Lewis y Rorabeck de las fracturas de fémur distal, la más usada actualmente. Tipo I fractura no desplazada con prótesis estable; Tipo II fractura desplazada con prótesis estable; Tipo III fractura con prótesis aflojada. Tomado con permiso de Delgado-Martínez AD, Cirugía Ortopédica y Traumatología, 3ª ed. Madrid: Médica Panamericana, 2015 [14].

La más reciente quizás sea la que la fundación AO adoptó en el 2013: el sistema UCS (United Classification System)[15]. Este sistema está basado en la clasificación de Vancouver de fracturas periprotésicas de fémur proximal. La intención, como siempre, describir la biomecánica de la fractura y proporcionar un algoritmo sencillo de tratamiento, en su caso teniendo en cuenta la

calidad del hueso y el estado de la prótesis. Sin embargo, como la gran mayoría de las clasificaciones alfanuméricas AO, su complejidad hace que su uso aún no se haya extendido.

TRATAMIENTO

El tratamiento suele basarse en la clasificación de Lewis y Rorabeck [14] que podemos observar a continuación en la Tabla 1.

Tipos	Desplazamiento	Componente protésico	Tratamiento
I	NO	FIJO	CONSERVADOR vs Osteosíntesis
II	SI	FIJO	OSTEOSÍNTESIS
III	Indiferente	AFLOJADO	REVISIÓN PRÓTESIS

Tabla 1: Clasificación de Lewis y Rorabeck con el tratamiento recomendado actualmente.

TRATAMIENTO CONSERVADOR

Basada en ésta clasificación, podemos ver que el tratamiento conservador se reserva para fracturas sin desplazamiento, estables y con el componente protésico fijo. Como siempre, también estará indicado en aquellos pacientes que no puedan ser sometidos a una cirugía. El tratamiento conservador consiste en una inmovilización pelvipédica y restricción de carga. Los pacientes deben ser seguidos con regularidad ya que éste tratamiento tiene unas tasas de pseudoartrosis de entre 20-30% según las series [16].

OSTEOSÍNTESIS ¿CLAVO O PLACA?

En el caso de la osteosíntesis, tanto los clavos intramedulares como las placas bloqueadas se presentan, a priori, como opciones adecuadas. Diferentes estudios biomecánicos en fracturas

periprotésicas simuladas no han determinado qué tipo de construcción es más estable a la carga axial repetida [17]. Para seleccionar el tipo de implante adecuado necesitaremos tener en cuenta diversos factores:

- Localización de la fractura en relación al componente protésico
- Grado de desplazamiento y conminución
- Existencia de otro tipo de material próximo (por ejemplo una prótesis de cadera)
- Patrón de fractura (Figura 3)

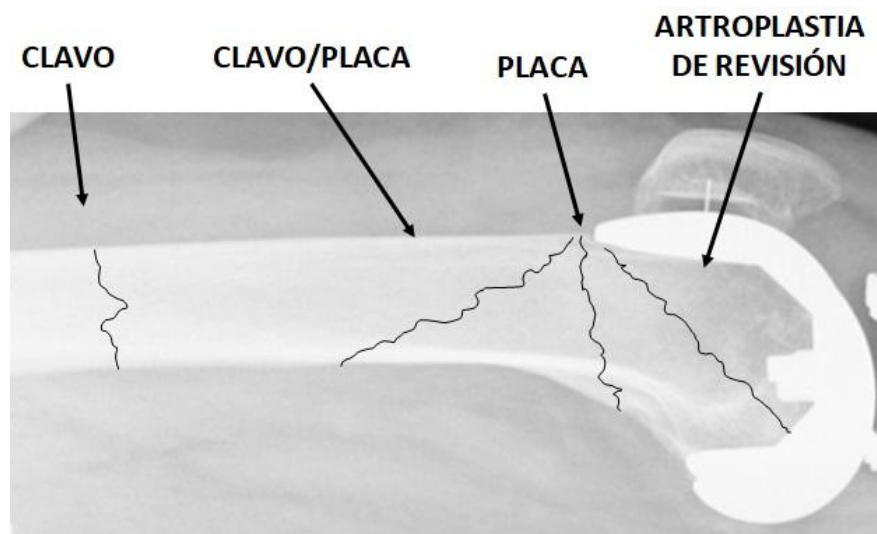


Figura 3. Opciones de tratamiento según el patrón de la fractura

CLAVOS INTRAMEDULARES

Los clavos intramedulares ofrecen grandes ventajas mecánicas para el tratamiento de las Fracturas periprotésicas, permitiendo cierta compresión axial y estimulando la formación de callo. En particular para este tipo de fracturas los clavos retrógrados (si el componente femoral lo permite) proporcionan una fijación más estable que los anterógrados [18].

Los clavos tienen la ventaja de producir un menor daño a las partes blandas y de disminuir la morbilidad del paciente [19]. Una revisión sistemática reciente ha demostrado que no existen diferencias significativas en cuando a tasas de pseudoartrosis entre las placas bloqueadas y el

enclavado intramedular [20]. Aunque sí parece que las tasas de consolidación viciosa son mayores en los clavos, por las dificultades en controlar la rotación y eje correctos [21]. En el caso de que haya un dispositivo endomedular en la cadera (prótesis o clavo) es mejor evitarlo para no crear una zona de estrés entre los 2 componentes [22].

PLACAS BLOQUEADAS

La aparición de las placas bloqueadas permitió abrir una nueva opción de tratamiento, sobre todo en aquellos pacientes con una mala calidad ósea. Las placas bloqueadas consiguen una fijación excelente a pesar de que el hueso sea osteoporótico o haya conminución. Otra ventaja es que se pueden colocar sobrepasando otros implantes, evitando así la formación de puntos de estrés [23].

Comparadas con placas no bloqueadas tienen 3.5 veces menos complicaciones y una tasa de pseudoartrosis 16 veces menor [24]. Sin embargo, la presencia de conminución medial en la fractura puede aumentar el riesgo de fallo si se utiliza una única placa lateral, por lo que en éstos casos de fallo de la bisagra medial sí se recomienda el uso de un clavo [19].

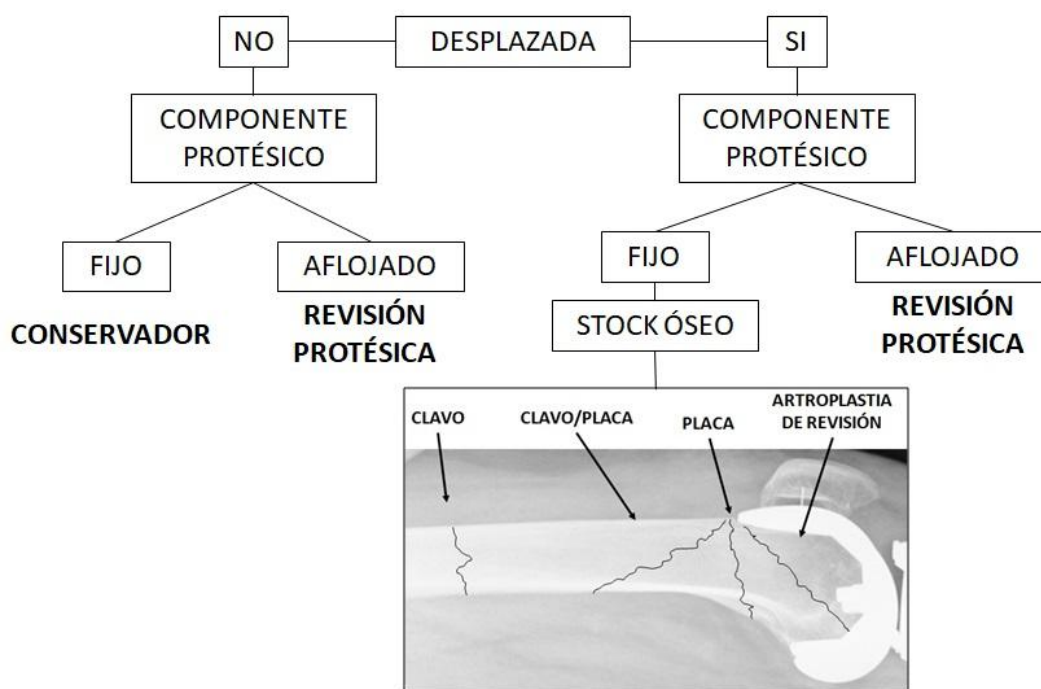
CIRUGÍA DE REVISIÓN PRÓTESICA

Hay ciertas circunstancias en las que la osteosíntesis tiene altas probabilidades de fracasar. Lo indicado será realizar una cirugía de revisión protésica si [25]:

- El implante se ha aflojado
- El stock óseo distal es insuficiente para una osteosíntesis
- Se han realizado múltiples osteosíntesis y todas han fracasado

Las cirugías de revisión son complejas y técnicamente demandantes, por lo que aumenta el riesgo de complicaciones, sobre todo las infecciones [26]. Cada vez hay más series que describen uso de megaprótesis o prótesis tumorales para pacientes con una fractura de tipo III. Éstas prótesis proporcionan una estabilidad y carga inmediata del miembro. Sin embargo la alta tasa de

complicaciones y lo compleja y agresiva que es la cirugía aún desaconsejan su uso habitual [27].



Algoritmo de tratamiento de las Fracturas Periprotésicas

FACTORES DE RIESGO

No existe un único factor de riesgo atribuible a las fracturas periprotésicas de fémur (y no es el objetivo de ésta tesis profundizar en todos ellos) pero sí comentaremos los más significativos. Uno de los principales factores de riesgo para que se produzca una fractura alrededor de una prótesis de rodilla es la osteoporosis. Todos aquellos pacientes con características que puedan reducir de forma sustancial la masa ósea (sexo femenino, edad avanzada, ingesta crónica de corticoides, stress-shielding, artritis reumatoide...) tienen mayor riesgo de sufrir una fractura periprotésica [1–4, 6]. Muchos otros factores se han relacionado con un mayor riesgo de sufrir dicha lesión, como los factores mecánicos (agujeros de tornillos o pines, osteolisis local, rigidez), o las alteraciones neurológicas (epilepsia, Parkinson, ataxia, polio, parálisis cerebral...) [1–4, 28].

Uno de los factores más controvertidos, y sobre el que versa parte de esta tesis, es la presencia de la muesca ("notch" en inglés) en la cortical anterior del fémur que se produce al realizar los cortes para el componente protésico femoral. La muesca se clasifica en función de su profundidad en 4 grados según la clasificación de Tayside (Figura 4) [29, 30].



Figura 4. A y B) Clasificación de Tayside donde quedan definidos los 4 grados de muesca femoral. Grado I: se produce una violación de la cortical únicamente en su tabla externa. Grado II: violación de la cortical en ambas tablas, externa e interna. Grado III: el corte afecta hasta el 25% del canal medular (contado éste como la distancia entre la tabla interna y el centro del canal). Grado IV: corte que afecta hasta el 50% del canal medular. Reproducido con permiso del autor y del editor de: Gujarathi N, Putti AB, Abboud RJ, MacLean JGB, Espley AJ, Kellett CF. Risk of periprosthetic fracture after anterior femoral notching. *Acta Orthop.* 2009;80(5):553-556. C) Radiografía lateral de rodilla de uno de los pacientes de nuestro estudio (grupo control) en el que se aprecia una muesca femoral postoperatoria grado II de Tayside.

La incidencia de la muesca femoral intraoperatoria tras una prótesis total de rodilla se estima en torno al 3,5 - 26,9% dependiendo de las series [31–33]. La incidencia de muesca en pacientes que sufren una fractura periprotésica se ha definido también entre el 7 - 50% [34–36].

La muesca o “notch” intraoperatoria, históricamente se ha considerado como un factor de riesgo para fracturas periprotésicas. Los estudios biomecánicos confirman un riesgo alto de fractura en aquellos muesca intraoperatoria por encima de 3mm (ésto correspondería a un grado III-IV en la clasificación de Tayside) al generar una zona de estrés en la región anterior del fémur [37–39]. Sin embargo estos resultados contrastan con varios estudios clínicos que no encuentran relación entre la muesca intraoperatoria y la fractura [29, 40]. Hasta la fecha, ningún estudio ha sido capaz de demostrar clínicamente que la muesca sea un verdadero factor de riesgo.

La obesidad está entre los mayores problemas de la sociedad actual y se considera un factor de riesgo para múltiples patologías. En el campo de la traumatología y ortopedia también se han descrito una mayor tasa de resultados adversos y complicaciones relacionada con esta condición, como aumento del tasas de infección, de pseudoartrosis, etc [41–45]. A pesar de ello, no hay demasiada evidencia publicada relacionando la obesidad con las fracturas periprotésicas de fémur.

ESTUDIO 1

EL PATRÓN DE LA FRACTURA PERIPROTÉSICA Y SU RELACIÓN CON LA MUESCA FEMORAL INTRAOPERATORIA



ESTUDIO 1 - EL PATRÓN DE LA FRACTURA PERIPROTÉSICA Y SU RELACIÓN CON LA MUESCA FEMORAL INTRAOPERATORIA

OBJETIVO

El objetivo de éste estudio era determinar si la existencia de muesca anterior intraoperatoria se relacionaba con el patrón de la fractura periprotésica en la clínica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo de casos y controles. Los casos se seleccionaron entre aquellos pacientes que ingresaron en el Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba desde el 1 de Enero de 2010 hasta el 31 de Diciembre de 2013, con el diagnóstico de fractura periprotésica de fémur distal en relación a una artroplastia de rodilla (Grupo Fracturado). Los criterios de inclusión fueron: a) Prótesis Total de Rodilla (PTR) implantada en nuestro centro, b) Diagnóstico inicial de artrosis primaria; y c) Tener controles radiográficos adecuados para su seguimiento. Aquellos pacientes que no cumplieren la totalidad de dichos criterios fueron excluidos del estudio.

Se seleccionó aleatoriamente un grupo de control entre aquellos pacientes con una PTR que durante su seguimiento no hubieran sufrido una Fractura periprotésica (Grupo Control). Los criterios de inclusión fueron los mismos que para el Grupo Fracturado. Los pacientes de éste grupo control se seleccionaron en base a la media del tiempo de seguimiento del Grupo fracturado.

Se buscó la existencia de muesca intraoperatoria femoral en ambos grupos en radiografías laterales verdaderas en el primer año postoperatorio. En caso de encontrarlo se clasificó según su profundidad siguiendo la clasificación de Tayside (Figura 5) [29].

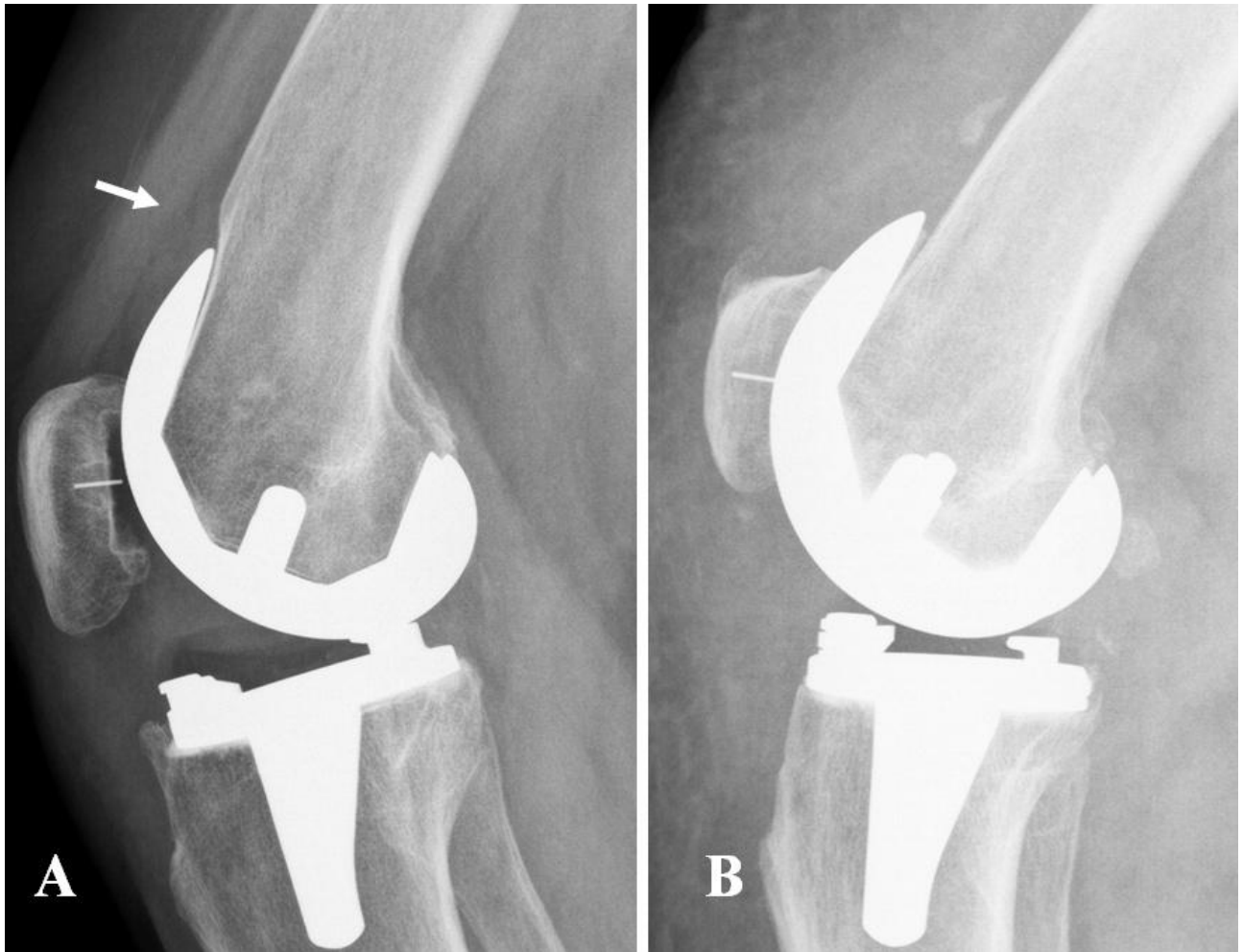


Figura 5. En esta imagen podemos ver radiografías laterales de dos pacientes del Grupo Control. En A podemos observar la existencia de muesca femoral anterior (Flecha) que correspondería a un Tayside II. En B observamos la integridad de la cortical tras la intervención.

En el Grupo Fracturado, se midió la distancia desde el escudo de la prótesis hasta el trazo más proximal (D) y hasta el más distal (d) de la fractura (Figura 6), tomando la idea de Hoffmann et al [46]. De acuerdo a las medidas tomadas se dividió el Grupo Fracturado en dos subgrupos muy simples: 1) Aquellos con $d = 0$: el patrón de fractura atraviesa la zona de influencia de la muesca, un área teóricamente más débil; y 2) Aquellos con $d > 0$: el patrón de fractura no cruza ése área en teoría más débil y por lo tanto no debería tener relación con la muesca femoral. Cabe destacar que la importancia de las medidas no radica en su exactitud, si no en diferenciar que un trazo de fractura

pase o no por el escudo de la prótesis. Todas las medidas descritas se realizaron con un software calibrado (IMPAX Web1000 ver. 3.1, AGFA healthcare, Bélgica).

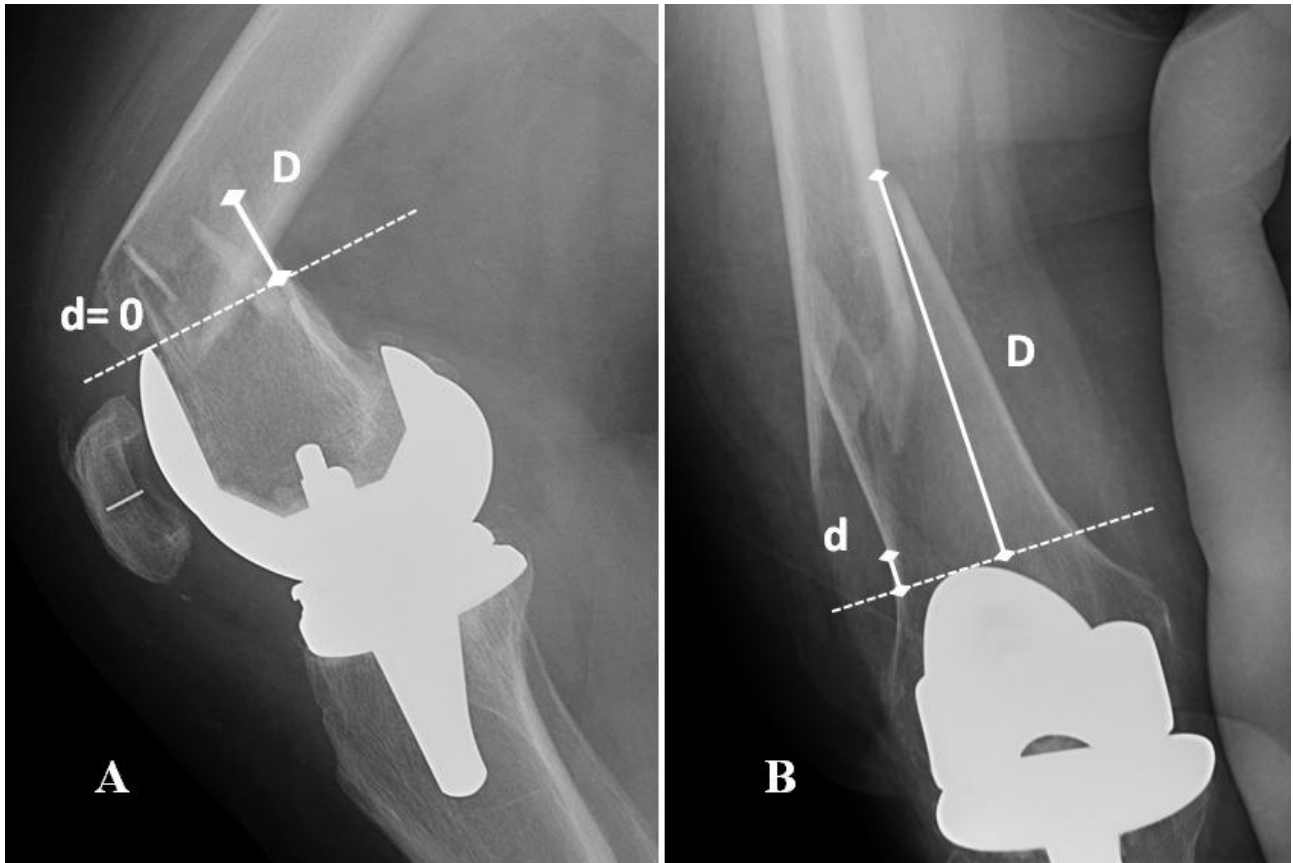


Figura 6. A) Vemos una proyección Lateral de una fractura periprotésica alrededor de la rodilla. (d) representa la distancia menor desde el escudo de la prótesis hasta la fractura y (D) la distancia mayor desde el escudo a la fractura. La fractura se relaciona con la muesca al ser $d = 0$. B) En esta proyección AP de una fractura periprotésica vemos la diferencia con A al ser $d > 0$ y pasar por lo tanto el trazo de fractura por encima del escudo de la prótesis.

El análisis estadístico se realizó utilizando un software informático SPSS v15.0 (SPSS Institute Inc. Headquarters, Chicago, IL, EE.UU.). El nivel de significación se consideró $p < 0,05$. Para controlar la homogeneidad de ambos grupos, se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov. El test de la t de Student y el test de Wilcoxon se utilizaron para determinar si existía alguna diferencia entre los grupos con respecto a la edad y el sexo. Para determinar si la existencia de la muesca

intraoperatoria estaba asociada con un patrón de fractura que atravesara su área de influencia ($d=0$) se utilizó el test exacto de Fisher.

RESULTADOS

Se incluyeron 50 pacientes dentro del grupo fracturado (48 mujeres y 2 hombres). La media de edad fue de 78,52 años (rango: 58-94). El tiempo de seguimiento medio desde que se implantó la PTR fue de 5,35 años (rango: 0,3-13,6).

Un total de 100 pacientes (92 mujeres y 8 hombres) se obtuvo de forma aleatoria entre las PTR intervenidas en nuestro centro hospitalario. La media de edad fue de 76,65 años (rango: 70-86) y un tiempo de seguimiento medio de 7,5 años (rango: 7-7,9).

La principal variable analizada fue la existencia o no de muesca intraoperatoria en la cortical anterior del fémur. La edad seguía una distribución normal en ambos grupos de acuerdo con el test de Kolmogorov-Smirnov. No existían diferencias significativas en cuando sexo y edad entre ambos grupos de acuerdo con el test de la t de Student y el test de Wilcoxon.

En el grupo fracturado se encontró evidencia de muesca intraoperatoria femoral en 3 pacientes (6%) mientras que en el grupo control se encontró en 11 pacientes (11%). Todas las muescas femorales del estudio se clasificaron en grados I-II de la clasificación de Tayside. De acuerdo a las medidas tomadas según el patrón de fractura (d) en el grupo fracturado los pacientes se dividieron en dos grupos: 1) $d>0$ (17 de 50) y 2) $d=0$ (33 de 50).

Los principales resultados se muestran a continuación en la tabla 2:

	Patrón de fractura		Total
	d > 0	d = 0	
CON muesca	1 (33,3%)	2 (66,7%)	3 (6%)
SIN muesca	16 (32%)	31 (68%)	47 (94%)
Total	17	33	50

Tabla 2. Patrón de fractura en el grupo fracturado, según el antecedente de muesca intraoperatoria o no. Ésta tabla muestra el número de pacientes del Grupo Fracturado con y sin muesca intraoperatoria y la relación de los mismos con el tipo de patrón de fractura. Se asume que el patrón de fractura en $d=0$ se relaciona con el efecto de la muesca intraoperatoria. Sin embargo, si el patrón es $d > 0$ la fractura no se relaciona con dicho efecto. Podemos observar por lo tanto como la prevalencia de fractura con un patrón $d=0$ es similar en pacientes con y sin muesca ($p<0,05$).

DISCUSIÓN

La incidencia de muesca intraoperatoria durante la cirugía de Prótesis Total de Rodilla se ha descrito entre el 3,5 y 26,9% dependiendo de las series [31–33]. La prevalencia de muesca intraoperatoria en nuestro estudio en el grupo control (11 de 100 pacientes), se encuentra dentro de este rango (11%). La incidencia de muesca intraoperatoria en pacientes con una fractura periprotésica se ha descrito entre el 7 y el 50% [31–36]. Una prevalencia similar (6%) se ha encontrado en el Grupo Fracturado de nuestro estudio (3 muescas en 50 pacientes).

Aunque la muesca femoral se haya considerado históricamente un factor de riesgo [31, 34–36] hasta la fecha ningún estudio lo ha demostrado clínicamente. Lesh y cols. [37] y Shawen y cols. [38] defendieron que la fractura periprotésica se debe producir inevitablemente en el área de influencia de la muesca ($d=0$) debido a que ésta era más débil [34–38]. Sin embargo, nuestros resultados muestran conclusiones diferentes.

En los pacientes con muesca intraoperatoria, el 66,7% de las fracturas comenzaban en el escudo de la prótesis ($d=0$). Sin embargo, en los pacientes que no tenían muesca, había un porcentaje similar de fracturas (68%) que comenzaban en el escudo de la prótesis ($d=0$), lo que claramente indica que la existencia de una muesca intraoperatoria pequeña no es un factor de riesgo para la producción de una fractura periprotésica. Asimismo, el 33,3% de los pacientes con muesca y en el 32% de los pacientes sin muesca sufren una fractura por encima del escudo de la prótesis, ($d>0$).

En nuestro estudio, la prevalencia de pacientes con una fractura en $d=0$ fue por lo tanto similar en aquellos pacientes con muesca intraoperatoria (66,7%) que en aquellos sin muesca intraoperatoria (68%). No existían diferencias significativas entre ambos grupos por lo que otros factores de riesgo como la osteoporosis o el "stress shielding" podrían ser la causa de la mayor debilidad en el área $d=0$ [2, 39].

INTERÉS CLÍNICO Y NOVEDAD

Lo novedosos de nuestro estudio es que, hasta la fecha, representa el único estudio clínico que rebate la teoría de que la muesca intraoperatoria sea un causante de un área de mayor debilidad en la que se producen más fracturas periprotésicas.

ESTUDIO 2

OBESIDAD Y FRACTURAS PERIPROTÉSICAS



ESTUDIO 2 - OBESIDAD Y FRACTURAS PERIPROTÉSICAS

OBJETIVO

El objetivo de éste estudio era determinar si la obesidad ($IMC > 30 \text{ kg/m}^2$) se asocia a una incidencia mayor de fracturas periprotésicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo de casos y controles. Los casos se seleccionaron entre aquellos pacientes que ingresaron en el Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba desde el 1 de Enero de 2010 hasta el 30 de Diciembre de 2013, con el diagnóstico de fractura periprotésica de fémur distal en relación a una artroplastia de rodilla (Grupo Fracturado). Los criterios de inclusión fueron: a) Prótesis Total de Rodilla (PTR) implantada en nuestro centro, b) Diagnóstico inicial de artrosis primaria; y c) Tener controles radiográficos adecuados para su seguimiento. Aquellos pacientes que no cumplieren la totalidad de dichos criterios fueron excluidos del estudio.

Se seleccionó aleatoriamente un grupo de control entre aquellos pacientes con una PTR colocada en nuestro centro con un tiempo de seguimiento igual o mayor que el Grupo Fracturado. Los criterios de inclusión fueron los mismos que para dicho Grupo salvo la fractura.

En el Grupo Fracturado se obtuvo individualmente la altura en centímetros (a) y el peso en kilos (p) gracias al servicio de Anestesiología y Reanimación de nuestro centro en el contexto de un estudio preoperatorio previo a la cirugía de la fractura. A los pacientes del grupo control se les citó para una revisión en consulta donde se obtuvieron igualmente dichos datos por un cirujano ortopédico de la unidad de rodilla. El Índice de Masa Corporal (IMC) se calculó siguiendo la

fórmula : $\frac{p}{a^2}$. El test de Kolmogorov-Smirnov se utilizó para determinar la distribución normal de los datos obtenidos.

El IMC, definido como kg/m^2 , se clasificó siguiendo las pautas de la Organización Mundial de la Salud [47] como:

- <25: Normal
- 25-29.9: Sobrepeso
- 30-34.9: Obesidad tipo I
- 35-39.9: Obesidad tipo II
- ≥ 40 : Obesidad mórbida

El test de ANOVA se utilizó para determinar si existía alguna diferencia de distribución de IMC entre el Grupo Fracturado y el grupo control.

Ambos Grupos (Fracturado y Control) se dividieron igualmente en subpoblaciones dependiendo de la edad como sigue: <70, [70-75), [75-80) y ≥ 80 . Tras ésto, sólo los pacientes con un $\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ se analizaron creando una tabla de contingencia. El test de la t de Student se utilizó para determinar si existía alguna diferencia estadísticamente significativa entre alguna subpoblación y el IMC.

El análisis estadístico se realizó utilizando un software informático SPSS v15.0 (SPSS Institute Inc. Headquarters, Chicago, IL, EE.UU.). El nivel de significación se consideró $p < 0,05$. Los resultados de las tablas están expresados como media \pm error estándar de la media (EEM).

RESULTADOS

Se incluyeron 49 pacientes dentro del Grupo Fracturado (47 mujeres y 2 hombres). La media de edad fue de 78,02 años (rango: 58-87). El IMC medio fue de 31,31 kg/m² (rango: 19,53-43,55). El tiempo de seguimiento medio desde que se implantó la PTR hasta la fractura fue de 5,85 años (rango: 0,3-13,6).

Un total de 97 pacientes (80 mujeres y 17 hombres) se obtuvo de forma aleatoria entre las PTR intervenidas en nuestro centro hospitalario. La media de edad fue de 69,56 años (rango: 47-85) y un tiempo de seguimiento medio de 7,5 años (rango: 7-7,9). Todos los datos, excepto la edad en el Grupo Fracturado siguieron una distribución normal de acuerdo con el test de Kolmogorov-Smirnov.

Los principales resultados se muestran en las tablas 3, 4 y 5

Subpoblaciones por edad	Grupo	Número de pacientes	IMC medio
<70	Control	32	34,97±0,63
	Grupo Fracturado	3	32,85±1,60
[70-75)	Control	18	32,75±0,61
	Grupo Fracturado	4	35,71±2,39
[75-80)	Control	7	35,29±1,86
	Grupo Fracturado	12	35,08±1,11
≥80	Control	4	33,83±0,57
	Grupo Fracturado	11	34,70±1,39

Tabla 3. Esta tabla muestra únicamente los pacientes con un IMC > 30 kg/m² (30 del Grupo Fracturado y 61 del Grupo Control) divididos por grupos de edad.

Grupo Fracturado	Edad	Género	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC	Tiempo*
1	81	M	50	160	19,53	13,66
2	81	M	75	155	31,21	5,08
3	73	M	74,5	158	29,84	4,66
4	82	M	90	170	31,14	6,75
5	88	M	91	165	33,42	3,25
6	64	M	97	164	36,06	0,75
7	74	M	54	160	21,09	3,08
8	83	M	70	172	23,66	12,33
9	79	M	75	151	32,89	5,75
10	72	M	88	160	34,37	7,08
11	83	H	98	152	42,41	5,41
12	82	M	80	163	30,11	9,08
13	78	M	86	150	38,22	0,5
14	89	M	80	150	35,55	9,83
15	84	M	106	156	43,55	5,16
16	80	M	64	153	27,33	6,16
17	73	M	95	149	42,79	11,91
18	85	M	65	150	28,88	1,5
19	78	M	69	170	23,87	0,33
20	79	M	83	160	32,42	3,16
21	58	M	76	160	29,68	4,33
22	78	M	82	159	32,43	0,83
23	79	M	105	159	41,53	7,91
24	80	M	88	154	37,10	8,08
25	87	M	67	165	24,60	1,91
26	78	M	78	179	24,34	3,5
27	78	M	90	158	36,05	5,25
28	77	M	68	160	26,56	11,91
29	87	M	60	158	24,03	7,25
30	78	M	77	156	31,64	6,83
31	77	M	82	165	30,11	10
32	60	M	74	160	28,90	3,41
33	82	M	85	158	34,04	11,08
34	66	M	77	157	31,23	7,83
35	77	M	58	162	22,10	7,66
36	70	M	72	165	26,44	3,25
37	79	M	90	150	40	2,75
38	80	M	83	172	28,05	7,08
39	80	M	75	163	28,22	2,5
40	62	M	80	160	31,25	1,75
41	79	M	84	147	38,87	3,75
42	86	M	59	158	23,63	7
43	78	H	92	160	35,93	3,91
44	94	M	69	150	30,66	13,16
45	70	M	82	157	33,26	5,25
46	80	M	75	160	29,29	5,33

47	73	M	83	160	32,42	4,58
48	78	M	82	163	30,86	3,66
49	84	M	79	156	32,46	9,33
Media	78,02		78,82	159,16	31,30	5,84

Tabla 4. Esta tabla muestra la información principal de los 49 pacientes del Grupo Fracturado. Todas las medidas están en unidades del Sistema Internacional. *Tiempo: años que han pasado desde la implantación de la PTR hasta que ocurrió la fractura. M: Mujer. H: Hombre.

BMI	PPF (n=49)	Control (n=97)
<25	9	6
25-29.9	10	30
30-34.9	18	39
35-39.9	7	17
>40	5	5
≥30	30 (61,22%)	61 (62,88%)

Tabla 5. Esta tabla muestra cómo los pacientes se clasificaron dependiendo de su IMC. Podemos ver como el porcentaje de pacientes con obesidad ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$) es similar en ambos grupos ($p < 0,05$).

En el Grupo Fracturado el 61,22% de los pacientes (30 de 49) presentaban un IMC $\geq 30 \text{ kg/m}^2$. De forma similar se encontró un 62,88% de pacientes en el grupo control (61 de 97) con el IMC por encima de los 30 kg/m^2 . No se encontró asociación entre la obesidad y un riesgo mayor de fractura periprotésica ($p < 0,05$).

Cuando se evaluaron las subpoblaciones por edad (Figura 5) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre éstas (<70, 70-75, 75-80 y ≥ 80) y un IMC $> 30 \text{ kg/m}^2$ en ninguno de los dos grupos, por lo que se descartó que la edad pudiera suponer un factor añadido en relación con la obesidad.

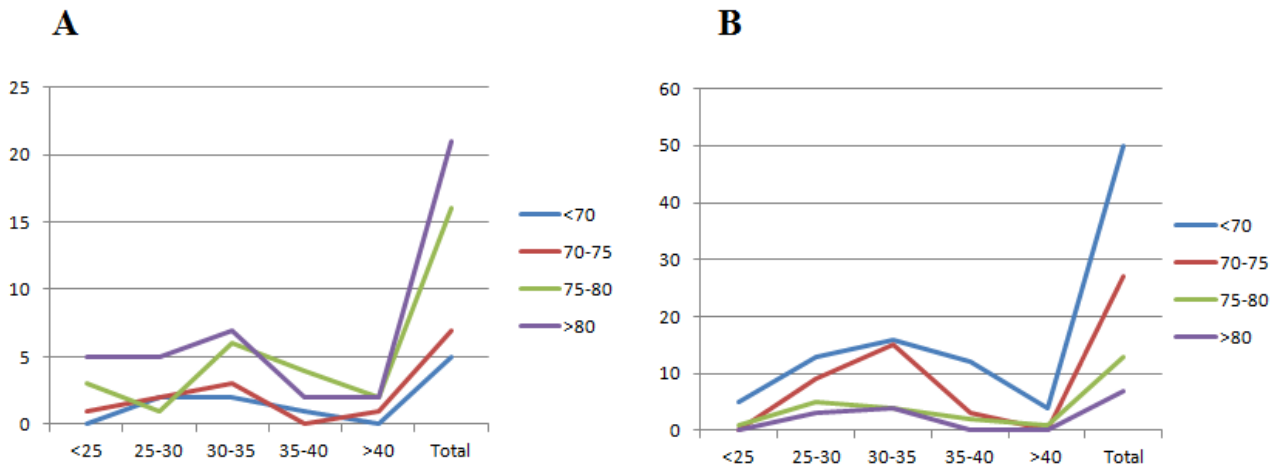


Figura 5. En estas dos imágenes podemos ver como la curva del IMC permanece similar entre el Grupo Fracturado (A) y el grupo control (B). Se muestran las subpoblaciones de edad, sin encontrar diferencias significativas entre ambos grupos. Todos los datos de ambos grupos (excepto la edad en el Grupo Fracturado) siguieron una distribución normal de acuerdo con el test de Kolmogorov-Smirnov.

DISCUSIÓN

A pesar de la gran cantidad de factores de riesgo descritos en la literatura en relación a las fracturas periprotésicas, apenas se encuentran referencias bibliográficas acerca de su posible relación con la obesidad [48]. La obesidad, definida como un IMC por encima de 30 kg/m^2 es uno de los problemas más serios en la sociedad actual. Es considerado el principal factor de riesgo para muchas enfermedades, causando un altísimo coste al sistema sanitario público [44, 47].

En traumatología y cirugía ortopédica la obesidad se ha relacionado también con muchas complicaciones como mayores tasas de infección postoperatoria, pseudoartrosis o luxación protésica [41–43, 45]. En relación a esto, algunos estudios publicados no han hallado relación entre la obesidad y las fracturas en prótesis de cadera [48, 49].

En nuestro estudio, la prevalencia de pacientes con un IMC $> 30 \text{ kg/m}^2$ se evaluó en ambos grupos encontrando unos porcentajes similares. En el Grupo Fracturado el 61,22% de los pacientes (30 de 49) presentaban obesidad de algún tipo mientras que en el grupo control este porcentaje era del 62,88% (61 de 97 pacientes). Así mismo, se estudió la distribución del peso por subpoblaciones de edad (<70 , 70-75, 75-80 y ≥ 80) sin encontrar diferencias significativas entre la obesidad y ninguno de los rangos de edad en ambos grupos.

INTERÉS CLINICO Y NOVEDAD

Éste es el único estudio, hasta la fecha, en estudiar la relación entre la obesidad y la incidencia de fracturas periprotésicas alrededor de la rodilla.

LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS



LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS

Ambos estudios corresponden a un nivel de evidencia III (Estudio de casos y controles) y se han realizado utilizando la misma base de datos retrospectiva. En ambos estudios se intentó eliminar el sesgo de selección mediante la selección aleatoria de pacientes para el grupo control.

Las limitaciones que tiene el Estudio 1 (Is The Fracture Pattern In Periprosthetic Fractures Around The Knee Related With The Anterior Femoral Notch? *J Clin Orthop Trauma*. 2017) son que el número de pacientes de la muestra es pequeño y una muestra mayor podría haber tenido resultados estadísticos más potentes. Lo novedoso de nuestro estudio es que, hasta la fecha, representa el único estudio clínico que rebate la teoría de que la muesca intraoperatoria sea un causante de un área de mayor debilidad en el que se producen más fracturas periprotésicas.

Las limitaciones del Estudio 2 (Is Obesity Related With Periprosthetic Fractures Around The Knee?. *Int Orthop*. 2016) son sobre todo la gran diferencia que hay entre los rangos de edad y sexo entre ambos grupos. Éstas diferencias, en nuestra opinión, se deben a la epidemiología de la propia fractura periprotésica, que como ya se comentó aparece en pacientes mujeres por encima de los 70 años en su mayoría relacionada con problemas de osteoporosis. A pesar de ello los dos grupos eran estadísticamente similares y eso permite que los resultados obtenidos sean significativos y sólidos.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

De esta Tesis Doctoral se pueden sacar las siguientes conclusiones originales:

1) Las muescas intraoperatorias pequeñas de menos de 3 mm (Tayside I-II) tras una artroplastia total de rodilla no se relacionan con un área de mayor debilidad en la cortical anterior del fémur, por lo que no se relacionan con una mayor incidencia de fracturas periprotésicas.

2) No existe relación entre la Obesidad, definida como un IMC mayor de 30 kg/m^2 , y la aparición de fracturas periprotésicas alrededor de la rodilla. Por lo tanto la Obesidad no debería considerarse un factor de riesgo de aparición de fracturas periprotésicas tras una PTR.

REFERENCIAS



REFERENCIAS

1. Sarmah SS, Patel S, Reading G, et al (2012) Periprosthetic fractures around total knee arthroplasty. *Ann R Coll Surg Engl* 94:302–307. doi: 10.1308/003588412X13171221592537.
2. Dennis D (2001) Periprosthetic fractures following total knee arthroplasty. *Instr Course Lect* 50:379–89. doi.org/10.2106/00004623-200101000-00016.
3. Su ET, DeWal H, Di Cesare PE (2004) Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements. *J Am Acad Orthop Surg* 12:12–20.
4. Sterling RS (2003) Supracondylar femur fractures after total knee arthroplasty. *Curr Opin Orthop* 14:34–40. doi: 10.1097/00001433-200302000-00009.
5. Kim W, Song JH, Kim J-J (2015) Periprosthetic fractures of the distal femur following total knee arthroplasty: even very distal fractures can be successfully treated using internal fixation. *Int Orthop* 39:1951–1957. doi: 10.1007/s00264-015-2970-9.
6. Gilg MM, Zeller CW, Leitner L, et al (2016) The incidence of implant fractures after knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc* 24:3272–3279. doi: 10.1007/s00167-016-4160-8.
7. Della Rocca GJ, Leung KS, Pape HC (2011) Periprosthetic fractures: epidemiology and future projections. *J Orthop Trauma Jun;25 Suppl 2:S66-S66-70*. doi: 10.1097/BOT.0b013e31821b8c28.
8. Bezwada H, Neubauer P, Baker J, et al (2004) Periprosthetic supracondylar femur fractures following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty Jun;19(4):453–8*. doi.org/10.1016/j.arth.2003.12.078.
9. Neer CI, Grantham S, Shelton M (1967) Supracondylar fracture of the adult femur. *J Bone Jt Surg Am Jun;49:591–613*.

10. DiGioia AM 3rd, Rubash HE (1991) Periprosthetic fractures of the femur after total knee arthroplasty. A literature review and treatment algorithm. *Clin Orthop Relat Res* Oct;(271):135–142.
11. Chen F, Mont MA, Bachner RS (1994) Management of ipsilateral supracondylar femur fractures following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* Oct;9:521–526.
12. Rorabeck CH, Angliss RD, Lewis PL (1998) Fractures of the femur, tibia, and patella after total knee arthroplasty: decision making and principles of management. *Instr Course Lect* 47:449–458.
13. Kim K-I, Egol KA, Hozack WJ, Parvizi J (2006) Periprosthetic fractures after total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res* 446:167–175. doi: 10.1097/01.blo.0000214417.29335.19.
14. Delgado-Martinez A (2015) *Cirugia Ortopedica y Traumatologia*, 3^a ed. Tema 63: Otros síndromes dolorosos de la rodilla. Médica Panamericana, Madrid.
15. Duncan CP, Haddad FS (2014) The Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. *Bone Joint J* 96–B:713–716. doi: 10.1302/0301-620X.96B6.34040.
16. Mcgraw P, Kumar A (2010) Periprosthetic fractures of the femur after total knee arthroplasty. *J Orthop Traumatol Sep*;11(3):135–141. doi: 10.1007/s10195-010-0099-6.
17. Makinen TJ, Dhotar HS, Fichman SG, et al (2015) Periprosthetic supracondylar femoral fractures following knee arthroplasty: a biomechanical comparison of four methods of fixation. *Int Orthop Sep*;39:1737. doi: 10.1007/s00264-015-2764-0.
18. Ruchholtz S, Tomás J, Gebhard F, Larsen MS (2013) Periprosthetic fractures around the knee. The best way of treatment. *Eur Orthop Traumatol Jun*;4(2)93–102. doi: 10.1007/s12570-012-0130-x.

19. Horneff J, Scolaro J, Jafari S, et al (2013) Intramedullary nailing versus locked plate for treating supracondylar periprosthetic femur fractures. *Orthopaedics* May;36:561–6. doi.org/10.3928/01477447-20130426-16.
20. Ristevski B, Nauth A, Williams D, et al (2014) Systematic review of the treatment of periprosthetic distal femur fractures. *J Orthop Trauma* May;28:307–12. doi.org/10.1097/BOT.0000000000000002.
21. Herrera DA, Kregor PJ, Cole PA, et al (2008) Treatment of acute distal femur fractures above a total knee arthroplasty: systematic review of 415 cases (1981-2006). *Acta Orthop* Feb;79:22–27. doi: 10.1080/17453670710014716.
22. Nauth A, Ristevski B, Bégué T, EH S (2011) Periprosthetic distal femur fractures: current concepts. *J Orthop Traumatol* Jun;25 Suppl 2:S82-S82-5. doi: 10.1097/BOT.0b013e31821b8a09.
23. Egol K, Kubiak E, Fulkerson E, et al (2004) Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma* Sep;18:488–93. doi.org/10.1097/00005131-200409000-00003.
24. Gill S, Mittal A, Raj M, et al (2017) Extra Articular Supracondylar Femur Fractures Managed with Locked Distal Femoral Plate or Supracondylar Nailing: A Comparative Outcome Study. *J Clin Diagn Res* May;11:RC19 -RC23. doi: 10.7860/JCDR/2017/25062.9936.
25. Chen AF, Choi LE, Colman MW, et al (2013) Primary Versus Secondary Distal Femoral Arthroplasty for Treatment of Total Knee Arthroplasty Periprosthetic Femur Fractures. *J Arthroplasty* Oct;28:1580-4. doi: 10.1016/j.arth.2013.02.030.
26. Sandiford N, Unno F, Masri BS (2016) Periprosthetic fractures associated with total knee arthroplasty. *Bone Joint J* Nov;98-B(11):1489–1496. doi: 10.1302/0301-620X.98B11.BJJ-2016-0029.R1.

27. Windhager R, Schreiner M, Staats K, Apprich S (2016) Megaprotheses in the treatment of periprosthetic fractures of the knee joint: indication , technique , results and review of literature. *Int Orthop* 935–943. doi: 10.1007/s00264-015-2991-4.
28. Minarro J, Urbano-Luque M, Quevedo-Reinoso R, et al (2016) Is obesity related with periprosthetic fractures around the knee? *Int Orthop* Aug;40(8):1583-1586. doi: 10.1007/s00264-015-3071-5.
29. Gujarathi N, Putti AB, Abboud RJ, et al (2009) Risk of periprosthetic fracture after anterior femoral notching. *Acta Orthop* 80:553–556. doi: 10.3109/17453670903350099.
30. Minarro J, Urbano-Luque M, López-Jordán A, et al (2017) Is The Fracture Pattern In Periprosthetic Fractures Around The Knee Related With The Anterior Femoral Notch? *J Clin Orthop Trauma* In press. doi: 10.1016/j.jcot.2017.10.001.
31. Aaron R, Scott R (1987) Supracondylar fracture of the femur after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* Jun:136–9. doi.org/10.1097/00003086-198706000-00020.
32. Figgie M, Goldberg V, Figgie H 3rd, et al (1990) The results of treatment of supracondylar fracture above total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* Sep:267–76. doi.org/10.1016/S0883-5403(08)80082-4.
33. Ritter M, Faris P, Keating E (1988) Anterior femoral notching and ipsilateral supracondylar femur fracture in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 3:185–7. doi.org/10.1016/S0883-5403(88)80085-8.
34. Culp R, Schmidt R, Hanks G, et al (1987) Supracondylar fracture of the femur following prosthetic knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* Sep:212–22. doi.org/10.1097/00003086-198709000-00029.
35. Merkel K, Johnson EJ (1986) Supracondylar fracture of the femur after total knee arthroplasty. *J Bone Jt Surg Am* Jan:29–43. doi.org/10.2106/00004623-198668010-00005.

36. Hirsh D, Bhalla S, Roffman M (1981) Supracondylar fracture of the femur following total knee replacement. Report of four cases. *J Bone Jt Surg Am* Jan;162–3. doi.org/10.2106/00004623-198163010-00023.
37. Lesh ML, Schneider DJ, Deol G, et al (2000) The consequences of anterior femoral notching in total knee arthroplasty. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am* Aug;82–A:1096–1101. doi: 10.1016/S0883-5403(99)90174-2.
38. Shawen SB, Belmont PJ, Klemme W, et al (2003) Osteoporosis and Anterior Femoral Notching in Femoral Fractures. *J Bone Jt Surg Am* Jan;85-A(1):115–21.
39. Zalzal P, Backstein D, Gross AE, Papini M (2006) Notching of the Anterior Femoral Cortex During Total Knee Arthroplasty. Characteristics That Increase Local Stresses. *J Arthroplasty* Aug;21:737–743. doi: 10.1016/j.arth.2005.08.020.
40. Ritter M, Thong AE, Keating EM, et al (2005) The effect of femoral notching during total knee arthroplasty on the prevalence of postoperative femoral fractures and on clinical outcome. *J Bone Joint Surg Am* Nov; 87:2411–2414. doi: 10.2106/JBJS.D.02468.
41. Parratte S, Pesenti S, Argenson JN (2014) Obesity in orthopedics and trauma surgery. *Orthop Traumatol Surg Res* Feb;100:S91–S97. doi: 10.1016/j.otsr.2013.11.003.
42. Root MZ (2012) Impact of Obesity on Orthopaedics. *J Bone Jt Surg* Jun 6;94:1045-52. doi: 10.2106/JBJS.K.00330.
43. Mihalko WM, Bergin PF, Kelly FB, Canale ST (2014) Obesity, Orthopaedics, and Outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* Nov;22(11):683–690. doi: 10.5435/JAAOS-22-11-683.
44. Finucane MM, Stevens G a, Cowan MJ, et al (2011) National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: Systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet* Feb 12;377(9765):557–567. doi: 10.1016/S0140-6736(10)62037-5.

45. Kapadia BH, Berg RA, Daley JA, et al (2015) Periprosthetic joint infection. *Lancet* Jan 23;387(10016):6736:1–9. doi: 10.1016/S0140-6736(14)61798-0.
46. Hoffmann MF, Jones CB, Sietsema DL, et al (2012) Outcome of periprosthetic distal femoral fractures following knee arthroplasty. *Injury* Jul;43(7):1084–1089. doi: 10.1016/j.injury.2012.01.025.
47. World Health Organization (2009) Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva.
48. Singh J, Jensen M, Harmsen S, Lewallen D (2013) Are gender, comorbidity, and obesity risk factors for postoperative periprosthetic fractures after primary total hip arthroplasty? *J Arthroplast* Jan:126–31. doi.org/10.1016/j.arth.2012.03.010.
49. Koenig K, Huddleston JI, Huddleston H, et al (2012) Advanced Age and Comorbidity Increase the Risk for Adverse Events After Revision Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty* Aug;27:1402–1407.e1. doi: 10.1016/j.arth.2011.11.013.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA



PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Otras aportaciones científicas derivadas directamente de la Tesis Doctoral:

- 2016** **26th AAOS Annual Meeting:** Orlando, Marzo 2016. Presentación del póster:
"Effect of anterior femoral notch in periprosthetic fractures around the knee".
[Autor Principal].
- 2015** **XLV Congreso Internacional SATO-SOTIMI-SMACOT:** Málaga, 12-14 de
Marzo de 2015. Lectura de Comunicación oral con el título: **Las fracturas
periprotésicas no se relacionan con el "Notch" femoral.** [Autor Principal]
- 2015** **XLV Congreso Internacional SATO-SOTIMI-SMACOT:** Málaga, 12-14 de
Marzo de 2015. Presentación del póster: **Fracturas periprotésicas de fémur tras
una artroplastia total de rodilla tratadas con el sistema LISS.** [Coautor]
- 2013** **50 Congreso SECOT** (Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología):
Barcelona, 2 al 4 de octubre de 2013: Lectura de Comunicación oral con el título
**“Resultado de las fracturas periprotésicas de fémur tras una artroplastia total
de rodilla”.** [Coautor]

PREMIOS



PREMIOS

Premios obtenidos a raíz de la Tesis Doctoral:

- 2015** **Premio a la mejor comunicación oral de patología y cirugía de rodilla:** al trabajo titulado *"Las fracturas periprotésicas no se relacionan con el "Notch" femoral"*. Presentada en el XLV Congreso Internacional SATO-SOTIMI-SMACOT: Málaga, 12-14 de Marzo de 2015. [Autor principal]
- 2015** **Accésit a la mejor comunicación en formato póster:** *"Fracturas periprotésicas de fémur tras una artroplastia total de rodilla tratadas con el sistema LISS"*. Presentada en el XLV Congreso Internacional SATO-SOTIMI-SMACOT: Málaga, 12-14 de Marzo de 2015. [Coautor]

COMPENDIO DE ARTÍCULOS



Fracturas periprotésicas distales de fémur

Periprosthetic distal femoral fractures

Díaz Miñarro, J. C.¹
 Tercedor Sánchez, J.¹
 Delgado-Martínez, A.D.²

¹Hospital Universitario San Rafael. Granada

²Complejo hospitalario de Jaén. Universidad de Jaén

josecarlosdiaz10@gmail.com

Rev. S. And. Traum. y Ort., 2017; 34 (3/4): 27-34

Recepción: 04/09/2017. Aceptación: 25/09/2017

Resumen

El número de artroplastias totales de rodilla que se realizan en nuestro país aumenta anualmente, por lo que se espera que sus complicaciones también aumenten. Entre ellas, la incidencia de fracturas periprotésicas distales de fémur, sobre la que trataremos en este artículo de revisión, que analiza algunos de los artículos más relevantes de la literatura reciente.

Los factores de riesgo más importantes son la osteoporosis y la muesca femoral durante la cirugía (notching) femoral, aunque éste último controvertido. La obesidad se ha demostrado no ser un factor de riesgo. Aún no existen estudios sólidos que demuestren diferencias significativas en cuando a tasas de pseudoartrosis entre las placas bloqueadas y el enclavado intramedular, e incluso las revisiones más recientes determinan que ambos consiguen reducciones igual de estables. Aunque con precaución, las prótesis tumorales comienzan a utilizarse cada vez más en éste tipo de fracturas.

El factor clave a la hora de escoger la mejor opción de tratamiento de estas fracturas consiste en determinar el estado de la prótesis, la cantidad de stock óseo remanente y el grado de desplazamiento de la fractura.

Palabras clave: Rodilla, Fémur Distal, Prótesis total de rodilla, Fractura Periprotésicas, Notch.

Abstract

The number of Total Knee Replacement surgeries performed in our country increases annually, so it is expected that so will increase their complications. Among them, Periprosthetic distal femoral fractures, which we deal with in this review article.

The most important risk factors are both, osteoporosis and anterior femoral notch (although this one is still controversial). Obesity has been shown not to be a risk factor. There are no solid studies yet showing significant differences related to pseudoarthrosis between locked plates and intramedullary nails. Recent reviews even determine that both achieve similar stability rates. Megaprotheses (tumoral prostheses) are beginning to be used more and more in this type of fractures.

The key factor when choosing the best treatment option for periprosthetic distal femoral fractures is to determine the state of the prosthesis, the amount of distal bone stock and the degree of displacement.

Keywords: Knee, Distal Femur, Total Knee Replacement, Periprosthetic fractures, Notch.

Introducción

Las fracturas periprotésicas alrededor de la rodilla (FPP) cada vez son más frecuentes debido al auge de la artroplastia en las últimas décadas y al envejecimiento de la población¹. Dependiendo de las series su incidencia se aproxima al 2,5% y suelen aparecer en mujeres por encima de 70 años tras un traumatismo de baja energía.² La localización más frecuente, con diferencia, de la fractura es en el extremo distal del fémur³. Figura 1

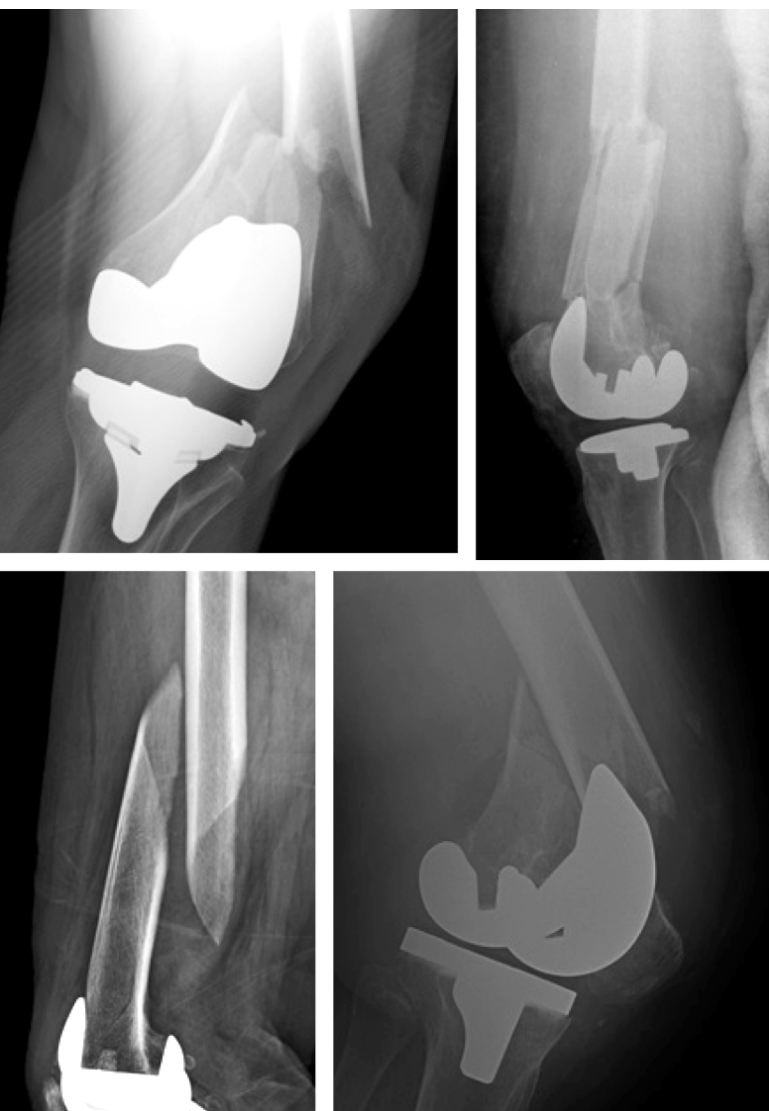


Figura 1: Algunos de los patrones más habituales en la clínica de fracturas periprotésicas

Factores de riesgo

No existe un único factor de riesgo atribuible a las FPP, y no es el objetivo de este artículo de revisión profundizar en todas ellos, pero sí comentaremos los más significativos.

Uno de los principales factores de riesgo para que se produzca una FPP es la osteoporosis. Todos aquellos pacientes con características que puedan reducir de forma sustancial la masa ósea (sexo femenino, edad avanzada, ingesta crónica de corticoides, stress-shielding, artritis reumatoide...) tienen mayor riesgo de sufrir una FPP.²

Muchos otros factores se han relacionado con un mayor riesgo de sufrir una FPP, como los factores mecánicos (agujeros de tornillos o pines, osteolisis local, rigidez), o las alteraciones neurológicas (epilepsia, Parkinson, ataxia, polio, parálisis cerebral...)⁴. Uno de los factores más controvertidos es la presencia del “notch” femoral (muesca en la cortical anterior del fémur que se produce al realizar los cortes para el componente protésico femoral). Los estudios biomecánicos confirman un riesgo alto de fractura en aquellos notch por encima de 3 mm al generar una zona de estrés en la región anterior del fémur^{5,6}. Sin embargo esto contrasta con varios estudios clínicos que no encuentran relación entre el “notch” y la fractura^{7,8}. Notch de menos de 3 mm no suponen un riesgo de FPP.⁹ Recientemente se ha demostrado que el Índice de Masa Corporal (IMC) no parece suponer un factor que aumente el riesgo de aparición de FPP¹⁰.

Clasificación de las fracturas

Existen muchos métodos de clasificación de las fracturas periprotésicas: Neer y cols (1967) determinada por el grado y la dirección del desplazamiento; DiGioia y Rubash (1991) que simplificaba levemente la anterior y modificaba los parámetros para considerar el desplazamiento y la angulación; Chen y cols (1994) quien tras muchos años de investigación y experiencia redujo su clasificación a 2 tipos: No desplazada y Desplazada; Lewis y Rorabeck (1997) la más utilizada entre los cirujanos (Imagen 2) y la primera que tiene en cuenta el estado de la prótesis; Su y cols (2004) que tiene en cuenta el patrón de la fractura; Kim y cols (2006) dividen la lesión en cuatro categorías dependiendo si la fractura es reductible, si hay buen stock óseo distal y si el componente está fijo o se ha movilizad.

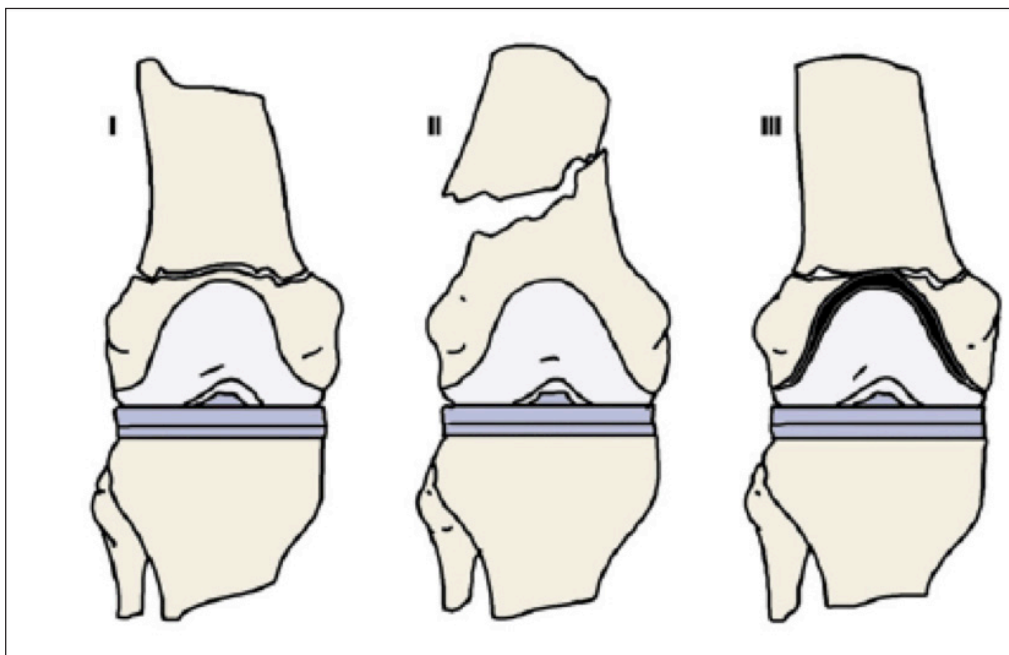


Figura 2: Clasificación de Lewis y Rorabeck de las fracturas de fémur distal. Tomado con permiso de Delgado-Martínez AD, *Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 3ª ed. Madrid: Médica Panamericana, 2015.

La más reciente quizás sea la que la fundación AO adoptó en el 2013: el sistema UCS (United Classification System)¹¹. Este sistema está basado en la clasificación de Vancouver de fracturas periprotésicas de fémur proximal. La intención, como siempre, describir la biomecánica de la fractura y proporcionar un algoritmo sencillo de tratamiento, en su caso teniendo en cuenta la calidad del hueso y el estado de la prótesis. Sin embargo, como la gran mayoría

de las clasificaciones alfanuméricas AO, su complejidad hace que su uso aún no se haya extendido.

Tratamiento

En ésta revisión, por motivos didácticos, expondremos un poco más la clasificación de Lewis y Rorabeck. Se divide en 3 tipos, determinados por la integridad del componente protésico y el desplazamiento de la fractura (Tabla 1):

Tipos	Desplazamiento	Componente protésico	Tratamiento
I	NO	FIJO	CONSERVADOR vs Osteosíntesis
II	SI	FIJO	OSTEOSÍNTESIS
III	Indiferente	AFLOJADO	REVISIÓN PRÓTESIS

Tratamiento conservador

Basada en ésta clasificación, podemos ver que el tratamiento conservador se reserva para fracturas sin desplazamiento, estables y con el componente protésico fijo. Como siempre, también estará indicado en aquellos pacientes que no puedan ser sometidos a una cirugía. El tratamiento conservador

consiste en una inmovilización pelvipédica y restricción de carga. Los pacientes deben ser seguidos con regularidad ya que éste tratamiento tiene unas tasas de pseudoartrosis de entre 20-30% según las series.¹²

Osteosíntesis ¿clavo o placa?

En el caso de la osteosíntesis, tanto los clavos intramedulares como las placas bloqueadas se presentan, a priori, como opciones adecuadas. Diferentes estudios biomecánicos en fracturas periprotésicas simuladas no han determinado qué tipo de construcción es más estable a la carga axial repetida.¹³ Para seleccionar el tipo de implante adecuado necesitaremos tener en cuenta diversos factores:

- Localización de la fractura en relación al componente protésico
- Grado de desplazamiento y conminución
- Existencia de otro tipo de material próximo (por ejemplo una prótesis de cadera)
- Patrón de fractura (Figura 3)

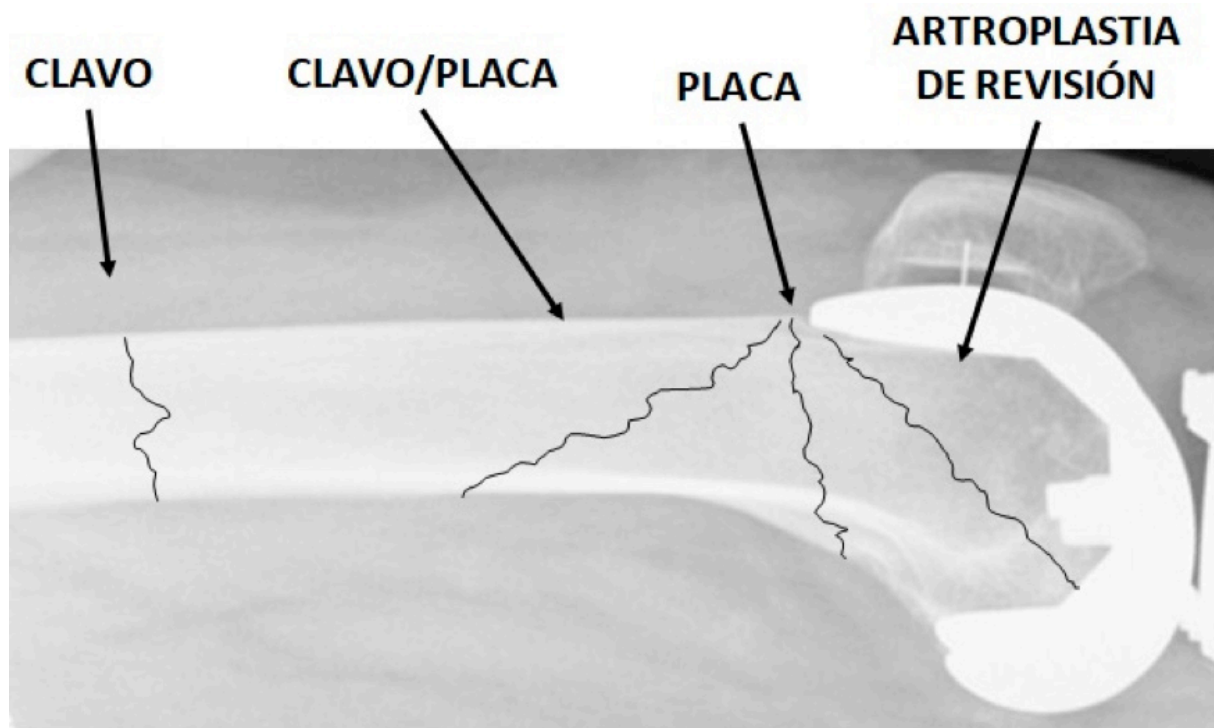


Figura 3: Opciones de tratamiento según el patrón de la fractura

Clavos intramedulares

Los clavos intramedulares ofrecen grandes ventajas mecánicas para el tratamiento de las FPP permitiendo cierta compresión axial y estimulando la formación de callo. En particular para este tipo de fracturas los clavos retrógrados (si el componente femoral lo permite) proporcionan una fijación más estable que los anterógrados.¹⁴

Los clavos tienen la ventaja de producir un menor daño a las partes blandas y de disminuir la morbilidad del paciente.¹⁵ Una revisión sistemática reciente ha demostrado que no existen diferencias significativas en cuando a tasas de pseudoartrosis entre las placas bloqueadas y el enclavado intrame-

dular.¹⁶ Aunque sí parece que las tasas de consolidación viciosa son mayores en los clavos, por las dificultades en controlar la rotación y eje correctos.¹⁷ En el caso de que haya un dispositivo endomedular en la cadera (prótesis o clavo) es mejor evitarlo para no crear una zona de estrés entre los 2 componentes.¹⁸

Placas bloqueadas

La aparición de las placas bloqueadas permitió abrir una nueva opción de tratamiento, sobre todo en aquellos pacientes con una mala calidad ósea. Las placas bloqueadas consiguen una fijación exce-

lente a pesar de que el hueso sea osteoporótico o haya conminución. Otra ventaja es que se pueden colocar sobrepasando otros implantes, evitando así la formación de puntos de estrés.¹⁹

Comparadas con placas no bloqueadas tienen 3.5 veces menos complicaciones y una tasa de pseudoartrosis 16 veces menor.²⁰ Sin embargo, la presencia de conminución medial en la fractura puede aumentar el riesgo de fallo si se utiliza una única placa lateral, por lo que en éstos casos de fallo de la bisagra medial sí se recomienda el uso de un clavo.¹⁵

Cirugía de revisión prótesis

Hay ciertas circunstancias en las que la osteosíntesis tiene altas probabilidades de fracasar. Lo indicado será realizar una cirugía de revisión protésica si:²¹

- El implante se ha aflojado
- El stock óseo distal es insuficiente para una osteosíntesis
- Se han realizado múltiples osteosíntesis y todas han fracasado

Las cirugías de revisión son complejas y técnicamente demandantes, por lo que aumenta el riesgo de complicaciones, sobre todo las infecciones.²² Cada vez hay más series que describen uso de megaprótesis o prótesis tumorales para pacientes con una fractura de tipo III. Éstas prótesis proporcionan una estabilidad y carga inmediata del miembro. Sin embargo la alta tasa de complicaciones y lo compleja y agresiva que es la cirugía aún desaconsejan su uso habitual.²³

En resumen, el algoritmo de tratamiento se presenta en la figura 4.

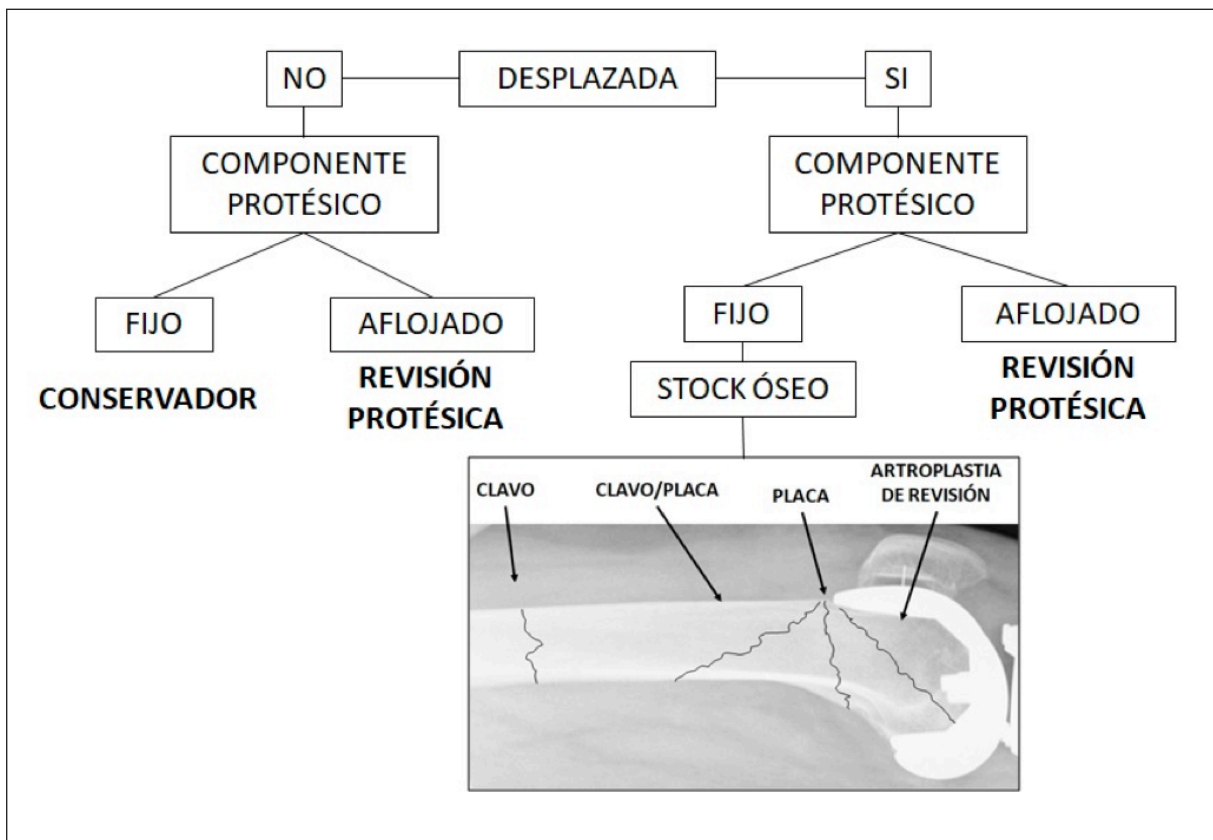


Figura 4: Algoritmo de tratamiento de las FPP

Conclusión

El tratamiento de las fracturas periprotésicas puede ser conservador, mediante osteosíntesis o con una artroplastia de revisión. Todos son tratamientos aceptados y correctos, lo importante es seleccionar la mejor opción para cada caso.

En la literatura actual no hay suficientes estudios randomizados que comparen correctamente el

clavo retrógrado con las placas bloqueadas como método de osteosíntesis. El futuro de los ensayos clínicos debería orientarse a obtener conclusiones reproducibles: estandarizar el abordaje, método de reducción, la diferente colocación de los tornillos... y lo que es más importante, la complejidad de la fractura y el grado de conminución.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés relacionado directa o indirectamente con el contenido del artículo.

Bibliografía

1. Della Rocca GJ, Leung KS, Pape HC. Periprosthetic fractures: epidemiology and future projections. *J Orthop Trauma*. 2011 Jun;25 Suppl 2: S66-70. doi: 10.1097/BOT.0b013e31821b8c28
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21566478>
2. Gilg MM, Zeller CW, Leitner L, et al. The incidence of implant fractures after knee arthroplasty. *Knee Surgery Sport Traumatol Arthrosc*. 2016 Oct;24(10):3272-9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27154281>
3. Sarmah SS, Patel S, Reading G, et al. Periprosthetic fractures around total knee arthroplasty. *Ann R Coll Surg Engl*. 2012 Jul;94(5):302-7. doi: 10.1308/003588412X13171221592537
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3954369/>
4. Dennis D. Periprosthetic fractures following total knee arthroplasty. *Instr Course Lect*. 2001;50:379-89. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11372337>
5. Lesh ML, Schneider DJ, Deol G, et al. The consequences of anterior femoral notching in total knee arthroplasty. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg. Am*. 2000;82-A:1096-101. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10954098>
6. Shawen S, Belmont PJ, Klemme W, et al. Osteoporosis and Anterior Femoral Notching in Femoral Fractures. *J Bone Jt. Surg Am*. 2003;Jan:115-21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12533581>
7. Ritter M a, Thong AE, Keating EM, et al. The effect of femoral notching during total knee arthroplasty on the prevalence of postoperative femoral fractures and on clinical outcome. *J Bone Joint Surg. Am*. 2005;87:2411-4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16264115>
8. Gujarathi N, Putti AB, Abboud RJ, et al. Risk of periprosthetic fracture after anterior femoral notching. *Acta Orthop*. 2009;80:553-6. doi: 10.3109/17453670903350099
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2823341/>
9. Minarro J, Urbano-Luque M, López-Jordán A, et al. Is The Fracture Pattern In Periprosthetic Fractures Around The Knee Related With The Anterior Femoral Notch? *J Clin Orthop Trauma*. 2017; In press.
10. Minarro J, Urbano-Luque M, Quevedo-Reinoso R, López-Pulido M, Fernández-González Á, Delgado-Martínez A. Is obesity related with periprosthetic fractures around the knee? *Int Orthop*. 2016;Aug;40(8):1583-6. doi: 10.1007/s00264-015-3071-5
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26686673>
11. Duncan CP, Haddad FS. The Unified Classification System (UCS): improving our understanding of periprosthetic fractures. *Bone Joint J*. 2014. Jun;96-B(6):713-6. doi: 10.1302/0301-620X.96B6.34040
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24891568>
12. Mcgraw P, Kumar A. Periprosthetic fractures of the femur after total knee arthroplasty. *J Orthop Traumatol*. 2010 Sep; 11(3): 135-141. doi: 10.1007/s10195-010-0099-6
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2948125/>
13. Makinen TJ, Dhotar HS, Fichman SG, et al. Periprosthetic supracondylar femoral fractures following knee arthroplasty: a biomechanical comparison of four methods of fixation. *Int Orthop*. 2015 Sep;39(9):1737-42. doi: 10.1007/s00264-015-2764-0.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25877161>
14. Ruchholtz S, Tomás J, Gebhard F, et al. Periprosthetic fractures around the knee: the best way of treatment. *Eur Orthop Traumatol*. 2013 Jun;4(2):93-102. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23667400>
15. Horneff J, Scolaro J, Jafari S, et al. Intramedullary nailing versus locked plate for treating supracondylar periprosthetic femur fractures. *Orthopedics*. 2013;May;36:561-6. doi: 10.3928/01477447-20130426-16
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23672906>
16. Ristevski B, Nauth A, Williams D, et al. Systematic review of the treatment of periprosthetic distal femur fractures. *J Orthop Trauma*. 2014;May;28:307-12. doi: 10.1097/BOT.0000000000000002
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149447>
17. Herrera DA, Kregor PJ, Cole PA, et al. Treatment of acute distal femur fractures above a total knee arthroplasty: systematic review of 415 cases (1981-2006). *Acta Orthop*. 2008 Feb;79(1):22-7. doi: 10.1080/17453670710014716.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18283568>
18. Nauth A, Ristevski B, Bégué T, et al. Periprosthetic distal femur fractures: current concepts. *J Orthop Trauma*. 2011 Jun;25 Suppl 2:S82-5. doi: 10.1097/BOT.0b013e31821b8a09.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21566481>
19. Egol K, Kubiak E, Fulkerson E, et al. Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma*. 2004;Sep;18:488-93.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15475843>
20. Gill S, Mittal A, Raj M, et al. Extra Articular Supracondylar Femur Fractures Managed with Locked Distal Femoral Plate or Supracondylar Nailing: A Comparative

Outcome Study. *J Clin Diagn Res.* 2017 May;11(5):RC19-RC23. doi: 10.7860/JCDR/2017/25062.9936.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28658862>

21. Chen AF, Choi LE, Colman MW, et al. Primary Versus Secondary Distal Femoral Arthroplasty for Treatment of Total Knee Arthroplasty Periprosthetic Femur Fractures. *J Arthroplasty.* 2013 Oct;28(9):1580-4. doi: 10.1016/j.arth.2013.02.030

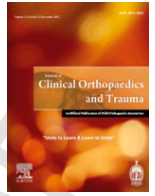
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23540541>

22. Sandiford N, Unno F, Masri BS. Periprosthetic fractures associated with total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2016 Nov;98-B(11):1489-1496

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27803224>

23. Windhager R, Schreiner M, Staats K, et al. Megaprotheses in the treatment of periprosthetic fractures of the knee joint: indication, technique, results and review of literature. *Int. Orthop. Int Orthop.* 2016 May;40(5):935-43. doi: 10.1007/s00264-015-2991-4.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26404093>



Original article

Is the fracture pattern in periprosthetic fractures around the knee related with the anterior femoral notch?

José Carlos Minarro^{a,*}, María Teresa Urbano-Luque^b, Alberto López-Jordán^a, Manuel Jesús López-Pulido^a, Ángel González-Fernández^a, Alberto Damián Delgado-Martínez^c

^a Department of Orthopedic Surgery, Hospital Reina Sofía, Córdoba, Spain

^b Department of Animal Medicine and Surgery, University of Córdoba, Córdoba, Spain

^c Department of Orthopedic Surgery, Complejo Hospitalario de Jaén, Jaén, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 31 August 2017

Received in revised form 30 September 2017

Accepted 5 October 2017

Available online xxx

Keywords:

Periprosthetic fractures

Knee

Fracture pattern

Femoral notch

ABSTRACT

Introduction

Periprosthetic fractures around the knee (PPF) are a devastating complication of total knee arthroplasty (TKA). Anterior femoral notching during TKA is considered a risk factor for PPF. The aim of this paper is to determine if an anterior femoral notch after total knee arthroplasty may affect the fracture pattern when a PPF appears postoperatively.

Material and methods

50 patients diagnosed in our centre of a PPF from January 2010 to December 2013 were retrospectively enrolled. 100 patients who underwent a total knee arthroplasty without fracture were randomly obtained as a control group. Evidence of the notch was searched in both groups in postoperative X-rays. In the PPF group, distance from the shield of the femoral component to the most distal (d) and proximal (D) point of the fracture were measured.

Results

Two different groups were obtained: 1) $d = 0$ (33 out of 50 patients); the fracture is supposed to be related with the notch as it's a theoretically weaker area. 2) $d > 0$ (17 out of 50 patients); the fracture pattern has no relationship with the notch. Prevalence of patients suffering a fracture in the shield of the prosthesis ($d = 0$), was similar in both patients with notch (66,7%) and without it (68%).

Conclusions

In conclusion, fracture pattern is not related with the existence of a femoral notch in the clinical setting.

© 2017.

1. Introduction

Periprosthetic fracture around the knee (PPF) is a rare complication after a primary total knee arthroplasty (0,3–2,5% depending on the series). They usually appear in females over 70 years related to falls from their own height.^{1–4}

Many risk factors have been historically associated with the production of a PPF.^{1–4} Among them, notching of the anterior femoral cortex during surgery, is perhaps the most controversial to date.^{5–9}

Biomechanical studies demonstrate that a femoral notch creates a weaker area in the distal part of the femur favoring the production of the fracture through the notch.^{5–7} However, there is no clinical evidence to date that support these theories.^{8,9}

The objective of this study is to determine if the existence of a femoral notch is associated with the fracture pattern of PPF in the clinical setting.

2. Material and methods

A retrospective database was used to find patients diagnosed in our centre of a Periprosthetic Fracture (PPF) from 1st of January 2010 to 31st of December 2013. The inclusion criteria for were: a) Total knee arthroplasty (TKA) performed for primary degenerative osteoarthritis, and b) to have proper x-ray records available of their follow-up. Exclusion criteria were: a) No records available or inadequate lateral x-ray records.

Among those patients who underwent a TKA and who did not sustain a PPF in their follow-up, a control group matched in aged and sex with the PPF group was also randomly selected.

Evidence of the anterior femoral notch and its depth was documented in both groups in the postoperative true lateral radiographs. If this was not a true lateral x-ray, those taken within the first year were

* Corresponding author at: Department of Orthopedic Surgery. Hospital Reina Sofía.

Avda Menéndez Pidal S/N, 14004 Córdoba, Spain.

Email address: josecarlosdiaz10@gmail.com (J.C. Minarro)

used. The Tayside classification was used to identify the grade of femoral notching depending on its depth.⁹

In the PPF group, distance from the shield of the femoral component to the most distal (d) and proximal (D) point of the fracture (Fig. 1) were measured, as previously described by Hoffmann et al. in 2012[10]. According to the measures taken in the fracture patterns of the PPF group (d and D), two different groups were obtained: 1) d = 0: the fracture is supposed to be related to the notch as it's a theoretically weaker area. 2) d > 0: the fracture pattern has no relationship with the notch. For all the previous measures a calibrated x-ray software was used (IMPAX Web1000 ver. 3.1, AGFA healthcare, Belgium).

Statistical analysis was performed using SPSS statistic package v15.0 (SPSS Institute Inc. Headquarters, Chicago, IL, USA). The significance level was considered $p < 0.05$. Kolmogorov-Smirnov Test was used to determine normal distribution of data in both groups. Student's *t*-test and Wilcoxon's signed rank test were used to determine if there was any difference between groups regarding sex and age. A Chi-square analysis was used to determine whether the existence of Notch was associated with the appearance of a PFK through the most distal point of the fracture (d).

3. Results

50 patients (48 women and 2 men) were finally enrolled in the periprosthetic fracture (PPF) group. Mean age was 78,02 years (range: 58–94). Mean follow-up time since the TKA was implanted to the date of fracture was 5,85 years (range: 0,3–13,6).

A total of 100 patients (92 women and 8 men) was randomly obtained as a control group between our Total knee arthroplasty (TKA)

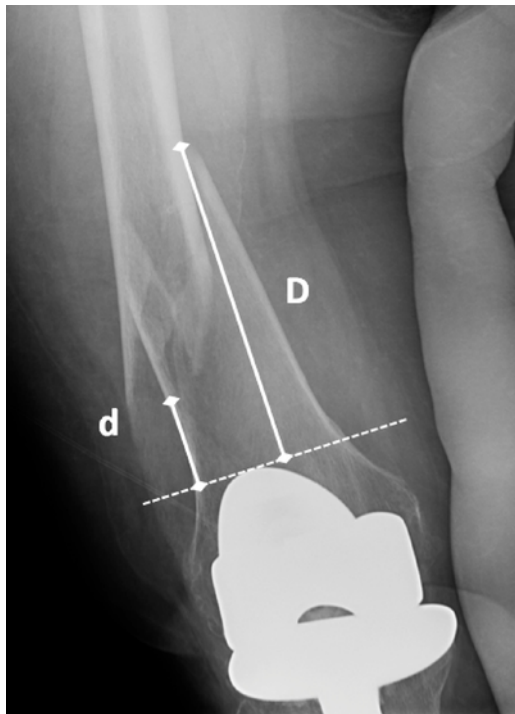


Fig. 1. An anteroposterior view of a periprosthetic fracture around the knee. (d) Shorter distance between the fracture line and the anterior shield of the prosthesis. (D) Longer distance between the fracture line and the anterior shield of the prosthesis. Both measurements were obtained on the AP X-ray view. The fracture pattern is considered to be related with the notch when $d = 0$.

database of our centre. The mean age was 76,65 (range: 70–86) and the mean follow-up time was 7,5 years (range: 7–9).

The main variable analyzed was the existence of anterior femoral notch. The age in both groups (Control and PFK) followed a normal distribution according to Kolmogorov-Smirnov test. There were no differences regarding sex and age between both groups according to Student's *t*-test and Wilcoxon's signed rank.

Main results are shown in Table 1.

Evidence of the notch was found in 3 patients in the PPF group (6%) while in the control group notch was found in 11 patients (11%). All notches in our study are grade I–II from Tayside classification. According to the measures taken in the fracture patterns of the PPF group (d and D) patients were divided into groups: 1) d = 0 (33 out of 50 patients) and 2) d > 0 (17 out of 50 patients).

4. Discussion

When reviewing literature regarding periprosthetic fractures around the knee (PPF), major risk factors for the production of a PPF are osteoporosis and anterior femoral notching.^{1–4} The femoral notch has been defined as the violation of the anterior cortical of the femur with the saw, just proximal to the shield of the prosthesis, producing a defect of variable depth.⁸ Many other risk factors, that do not usually appear in a primary arthroplasty have been described in literature such as chronic intake of corticosteroids, rheumatoid arthritis, neurological disorders, and so on.^{1–4,11} It is beyond the scope of this paper to discuss them all, so we will focus on the femoral notch.

The incidence of intraoperative notching during Total Knee Arthroplasty (TKA) has been described between 3,5–26,9% depending on the series.^{12–14} A prevalence of notching between this range (11%) was found in the control group of our study (11 notches out of 100 patients). Moreover, the incidence of notch among patients who sustained a PPF has been reported between 7 and 50%.^{12–17} A similar prevalence of notching (6%) was found in the PPF group in our study was (3 notches out of 50 patients).

Notching has always been considered as a risk factor for PPF.^{12,15–17} However, to date, no study has been able to clinically demonstrate that the notch is a true risk factor.^{1,8,9}

Lesh et al.⁵ and Shawen et al.⁶ stated that the PPF is inevitably produced in the notch area ($d = 0$) because of its greater weakness.^{5,6,15–17} However, our data show different conclusions. Inside the PPF group a 66% (33 patients) had a fracture pattern that begins in the shield of the prosthesis ($d = 0$).

If we only take into account the existence of the notch, the prevalence of patients with notch which fracture begins in $d = 0$ is 66,7% (2 out of 3), similar to the prevalence of patients without notch which fracture begins in $d = 0$, 68% (31 out of 47). Furthermore, the same fact can be found when we search in the group which fracture pattern begins in $d > 0$. A 33,3% of patients with notch and a 32% of patients without notch breaks over the shield of the prosthesis (Table 1).

In our study, the prevalence of patients who suffered a fracture through $d = 0$ was similar in patients with notch (66,7%) than in pa-

Table 1

This table shows the number of patients in the Periprosthetic fracture group (PPF) with and without notch, related to the fracture pattern. It was assumed that a fracture pattern with $d = 0$ is related to notch, whereas if $d > 0$ it is not. The prevalence of PPF that begins in $d = 0$ is similar in patients with and without notch.

	PPF group	Fracture in $d > 0$	Fracture in $d = 0$
Notch	3 (6%)	1 (33,3%)	2 (66,7%)
No notch.	47 (94%)	16 (32%)	31 (68%)
Total	50	17	33

tients without notch (68%). There is no difference between both percentages, so another risk factor such as osteoporosis or stress shielding may be the cause of the common weakness in $d = 0$ area.^{2,7} The main data obtained from our study indicate that there is no relationship between an anterior femoral notch and the place for production of a PPF ($p < 0,05$).

The limitations of this study are that the number of patients with both PPF associated and notch is small and a larger sample size would have been better for more powerful statistically significant results. The strength of our study is that it represents the only clinical study, to date, that dispels the theory by which the notch is the origin of a weaker area in the bone where PPF might take place.

5. Conclusions

A notch during total knee arthroplasty is not related to a clinically weaker area in the anterior femoral cortex, and thus, is not related to a high prevalence of PPF in the clinical setting. More studies are needed to know the effect of the notch and bone strength in this area.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

- [1] S.S. Sarmah, S. Patel, G. Reading, M. El-Husseiny, S. Douglas, F.S. Haddad, Periprosthetic fractures around total knee arthroplasty, *Ann R Coll Surg Engl* 94 (2012) 302–307.
- [2] D. Dennis, Periprosthetic fractures following total knee arthroplasty, *Instr Course Lect* 50 (2001) 379–389.
- [3] E.T. Su, H. DeWal, P.E. Di Cesare, Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements, *J Am Acad Orthop Surg* [Internet] 12 (2004) 12–20, [Available from:] <http://www.jaaos.org/content/12/1/12.full>.
- [4] R.S. Sterling, Supracondylar femur fractures after total knee arthroplasty, *Curr Opin Orthop* 14 (2003) 34–40.
- [5] M.L. Lesh, D.J. Schneider, G. Deol, B. Davis, C.R. Jacobs, V.D. Pellegrini, The consequences of anterior femoral notching in total knee arthroplasty: a biomechanical study, *J Bone Joint Surg Am* 82-A (2000) 1096–1101.
- [6] S. Shawen, P.J. Belmont, W. Klemme, L. Topoleski, J. Xenos, J. Orchowski, Osteoporosis and anterior femoral notching in femoral fractures, *J Bone Jt Surg Am* (January) (2003) 115–121.
- [7] P. Zalzal, D. Backstein, A.E. Gross, M. Papini, Notching of the anterior femoral cortex during total knee arthroplasty: characteristics that increase local stresses, *J Arthroplasty* 21 (2006) 737–743.
- [8] M.a. Ritter, A.E. Thong, E.M. Keating, et al., The effect of femoral notching during total knee arthroplasty on the prevalence of postoperative femoral fractures and on clinical outcome, *J Bone Joint Surg Am* 87 (2005) 2411–2414.
- [9] N. Gujarathi, A.B. Putti, R.J. Abboud, J.G.B. MacLean, A.J. Espley, C.F. Kellelt, Risk of periprosthetic fracture after anterior femoral notching, *Acta Orthop* 80 (2009) 553–556.
- [10] M.F. Hoffmann, C.B. Jones, D.L. Sietsema, S.J. Koenig, P. Tornetta, Outcome of periprosthetic distal femoral fractures following knee arthroplasty, *Injury* [Internet] 43 (2012) 1084–1089, [Elsevier Ltd Available from:] <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.01.025>.
- [11] J. Minarro, M. Urbano-Luque, R. Quevedo-Reinoso, M. López-Pulido, A. Fernández-González, A. Delgado-Martínez, Is obesity related with periprosthetic fractures around the knee?, *Int Orthop* (December) (2015).
- [12] R. Aaron, R. Scott, Supracondylar fracture of the femur after total knee arthroplasty, *Clin Orthop Relat Res* (June) (1987) 136–139.
- [13] M. Figgie, V. Goldberg, H. Figgie 3rd, M. Sobel, The results of treatment of supracondylar fracture above total knee arthroplasty, *J Arthroplast* (September) (1990) 267–276.
- [14] M. Ritter, P. Faris, E. Keating, Anterior femoral notching and ipsilateral supracondylar femur fracture in total knee arthroplasty, *J Arthroplast* 3 (1988) 185–187.
- [15] R. Culp, R. Schmidt, G. Hanks, A. Mak, J.J. Esterhai, R. Heppenstall, Supracondylar fracture of the femur following prosthetic knee arthroplasty, *Clin Orthop Relat Res* (September) (1987) 212–222.
- [16] K. Merkel, E.J. Johnson, Supracondylar fracture of the femur after total knee arthroplasty, *J Bone Jt Surg Am* (January) (1986) 29–43.
- [17] D. Hirsh, S. Bhalla, M. Roffman, Supracondylar fracture of the femur following total knee replacement. Report of four cases, *J Bone Jt Surg Am* (January) (1981) 162–163.

Is obesity related with periprosthetic fractures around the knee?

José Carlos Minarro¹ · Maria Teresa Urbano-Luque² · Rafael Quevedo-Reinoso¹ · Manuel Jesús López-Pulido¹ · Ángel Fernández-González¹ · Alberto Damián Delgado-Martínez¹

Received: 11 August 2015 / Accepted: 7 December 2015 / Published online: 21 December 2015
© SICOT aisbl 2015

Abstract

Purpose Periprosthetic fracture (PPF) is a devastating complication following primary total knee arthroplasty. Obesity is currently considered a risk factor for many complications in orthopaedics, but there is no evidence in literature about the relationship between obesity and PPF around the knee. The objective of this study was to determine whether obesity is associated with a higher incidence of PPF.

Methods All patients diagnosed of a PPF around the knee from January 2010 to December 2013 were enrolled. Forty-nine PPF (47 women and 2 men) were included, and a total of 97 patients (80 women and 17 men) were randomly obtained as a control group. Body mass index (BMI) was obtained in both groups and classified as <25 (normal), overweight (25–29.9), obese (30–34.9), very obese (35–39.9), or morbid obesity (≥ 40). Both groups, were also divided into subpopulations depending on the age as follows: <70, 70–75, 75–80 and ≥ 80 . Statistical analysis was performed to determine any difference in BMI ≥ 30 kg/m² distribution between groups.

Results In the PPF group 61.22 % of the patients had a BMI over 30 kg/m² and likewise 62.88 % of the patients in the control group. No association was found between obesity and a higher risk of PPF ($p < 0.05$).

Conclusion As a conclusion, obesity (BMI ≥ 30 kg/m²) does not have any clinical relationship with the appearance of a periprosthetic fracture around the knee ($p < 0.05$).

Keywords Periprosthetic fracture · Total knee replacement · Obesity

Introduction

Periprosthetic fracture (PPF) is a rare complication following primary total knee arthroplasty (0.3–2.5 % depending on the series) [1–5]. It usually appears in women older than 70 years related to minor trauma such as falls from own height, where both torsional and bending loads are combined [1–4, 6].

Obesity (considered as a body mass index over 30 kg/m²) is among the main concerns nowadays in our society. It is considered an important risk factor for many diseases [7–10]. In orthopaedics it has also been related with many adverse results and complications such as higher rate of infection or non-union [8, 9, 11]. However, there is little evidence in literature about the relationship between obesity and PPF around the knee.

The objective of this study was to determine whether obesity is associated with a higher incidence of PPF in the clinical setting.

Material and methods

All patients who suffered a periprosthetic fracture (PPF) in the distal femur after a total knee arthroplasty (TKA) in the same knee from 1st of January 2010 to 30th of December 2013 were retrospectively enrolled. The inclusion criteria for all cases were: (a) to have had their TKA previously implanted and followed in our centre and (b) TKA indicated for primary osteoarthritis.

A control group without PPF was also randomly selected from those patients who also underwent a TKA in our centre with a mean follow-up time equal or greater than the PPF group. The indication for TKA was the same, osteoarthritis in all cases.

✉ José Carlos Minarro
josecarlosdiaz10@gmail.com

¹ Department of Orthopaedics and Traumatology, University Hospital Reina Sofía, Córdoba, Spain

² Department of Animal Medicine and Surgery, University of Córdoba, Córdoba, Spain

Body mass index (BMI) was obtained by obtaining height in centimetres (h) and weight in kilograms (w) of each patient individually and calculated according to the formula: $\frac{w}{h^2}$. In the PPF group BMI was obtained by the Anaesthesiology Department of our centre in the context of preoperative study prior to surgery for the fracture. All patients in the control group were evaluated in their last follow-up and BMI was obtained by one of the orthopaedic surgeons of the knee surgery unit. All data, except from the age in the PPF group, followed a normal distribution according to Kolmogorov-Smirnov test.

BMI defined as kg/m² was classified as <25 (normal), overweight (25–29.9), obese (30–34.9), very obese (35–39.9), or morbid obesity (≥40) as previously defined by the World Health Organization [12]. ANOVA test was performed to determine any difference in BMI distribution between the PPF and the control group.

Both groups were also divided into subpopulations depending on the age as follows: <70, 70–75, 75–80 and ≥80. Then, only those patients from the PPF and the control group with a BMI ≥30 kg/m² were analyzed by creating a contingency table (Table 1). Student's t-test (for unpaired samples) was used to determine if there was any statistically significant difference in any subpopulation.

Statistical analysis was performed using SPSS v15.0 (SPSS Institute Inc. Headquarters, Chicago, IL, USA). The significance level was considered $p < 0.05$. The results in the tables are expressed as mean ± standard error of the mean (SEM).

Results

Forty-nine patients (47 women and 2 men) diagnosed in our centre of a periprosthetic fracture (PPF) around the knee from 1st of January 2010 to 30th of December 2013 were finally enrolled. The mean age was 78.02 years (range, 58–87) and the mean body mass index (BMI) was 31.31 kg/m² (range, 19.53–43.55). The mean follow-up time since the TKA was implanted to the date of fracture was 5.85 years (range, 0.3–13.6).

Table 1 Characteristics of the 91 patients (30 in the PPF group and 61 in the control group) with a BMI ≥30 kg/m² the periprosthetic fracture (PPF) group

Age subpopulations	Group	Number of patients	Mean BMI
<70	Control	32	34.97 ± 0.63
	PPF	3	32.85 ± 1.60
70–75	Control	18	32.75 ± 0.61
	PPF	4	35.71 ± 2.39
75–80	Control	7	35.29 ± 1.86
	PPF	12	35.08 ± 1.11
≥80	Control	4	33.83 ± 0.57
	PPF	11	34.70 ± 1.39

Table 2 Characteristics of the 49 patients in the periprosthetic fracture (PPF) group

PPF	Age (years)	Gender	Weight (kg)	Height (cm)	BMI	Time ^a
1	81	F	50	160	19.53	13.66
2	81	F	75	155	31.21	5.08
3	73	F	74.5	158	29.84	4.66
4	82	F	90	170	31.14	6.75
5	88	F	91	165	33.42	3.25
6	64	F	97	164	36.06	0.75
7	74	F	54	160	21.09	3.08
8	83	F	70	172	23.66	12.33
9	79	F	75	151	32.89	5.75
10	72	F	88	160	34.37	7.08
11	83	M	98	152	42.41	5.41
12	82	F	80	163	30.11	9.08
13	78	F	86	150	38.22	0.5
14	89	F	80	150	35.55	9.83
15	84	F	106	156	43.55	5.16
16	80	F	64	153	27.33	6.16
17	73	F	95	149	42.79	11.91
18	85	F	65	150	28.88	1.5
19	78	F	69	170	23.87	0.33
20	79	F	83	160	32.42	3.16
21	58	F	76	160	29.68	4.33
22	78	F	82	159	32.43	0.83
23	79	F	105	159	41.53	7.91
24	80	F	88	154	37.10	8.08
25	87	F	67	165	24.60	1.91
26	78	F	78	179	24.34	3.5
27	78	F	90	158	36.05	5.25
28	77	F	68	160	26.56	11.91
29	87	F	60	158	24.03	7.25
30	78	F	77	156	31.64	6.83
31	77	F	82	165	30.11	10
32	60	F	74	160	28.90	3.41
33	82	F	85	158	34.04	11.08
34	66	F	77	157	31.23	7.83
35	77	F	58	162	22.10	7.66
36	70	F	72	165	26.44	3.25
37	79	F	90	150	40	2.75
38	80	F	83	172	28.05	7.08
39	80	F	75	163	28.22	2.5
40	62	F	80	160	31.25	1.75
41	79	F	84	147	38.87	3.75
42	86	F	59	158	23.63	7
43	78	M	92	160	35.93	3.91
44	94	F	69	150	30.66	13.16
45	70	F	82	157	33.26	5.25
46	80	F	75	160	29.29	5.33
47	73	F	83	160	32.42	4.58
48	78	F	82	163	30.86	3.66

Table 2 (continued)

PPF	Age (years)	Gender	Weight (kg)	Height (cm)	BMI	Time ^a
49	84	F	79	156	32.46	9.33
Mean	78.02		78.82	159.16	31.30	5.84

All measures are given in the International System of Units

F female, M male

^a Time: the follow-up time, in years, until the fracture appeared

A total of 97 patients (80 women and 17 men) were randomly obtained as a control group between patients who previously underwent a TKA. The mean age was 69.56 (range, 47–86), the mean BMI was 31.72 kg/m² (range, 22.93–46.85) and the mean follow-up time 7.5 years (range, 7–7.9).

The main data are shown in Tables 1, 2 and 3.

In this study, we reported the frequency of a body mass index (BMI) ≥30 kg/m². In the periprosthetic fracture (PPF) group 30 patients out of 49 (61.22 %) met this criteria. Those results were compared with a randomized control group of

Table 3 Patient classification according to body mass index (BMI)

BMI	PPF (N=49)	Control (N=97)
<25	9	6
25–29.9	10	30
30–34.9	18	39
35–39.9	7	17
>40	5	5
≥30	30 (61.22 %)	61 (62.88 %)

PPF periprosthetic fracture

It is clear that the percentage of patients with obesity (≥30 kg/m²) is similar in both groups

similar characteristics in which 61 patients out of 97 (62.88 %) where over 30 kg/m². No association was found between obesity and a higher risk of PPF ($p < 0.05$).

When evaluating age subpopulations (Fig. 1) no statistically significant differences were found when relating BMI ≥30 kg/m² in the same age ranges (<70, 70–75, 75–80 and >80) between both, PPF and control groups.

Discussion

Periprosthetic fractures are an uncommon but devastating complication that appear more frequently in women over 70 years in the context of a low energy trauma [1–4, 13, 14]. Many risk factors have been described in literature such as osteoporosis, chronic intake of corticosteroids, revision arthroplasty, rheumatoid arthritis, and neurological disorders [1–4]. However, little is published about the relationship between obesity and periprosthetic fractures (PPF) around the knee [15].

Obesity, defined as a BMI ≥30 kg/m², is among the main problems in current society. It is considered one of the principal risk factors for many diseases causing a high cost for the health system [10, 12].

In orthopaedics, obesity has been likewise related to many complications such as higher rate of post-operative infection, non-union, and arthroplasty dislocation [7–9, 11]. In this sense, some studies already found no relationship between obesity and hip arthroplasty [15, 16].

In our study, the percentage of patients with a BMI ≥30 kg/m² was evaluated in both groups finding similar percentages, 61.22 % (30 out of 49) in the PPF group versus 62.88 % (61 out of 97) in the control group (N.S.). Moreover, distribution in age subpopulations was likewise studied, finding no differences between obesity and any of the age ranges in both groups.

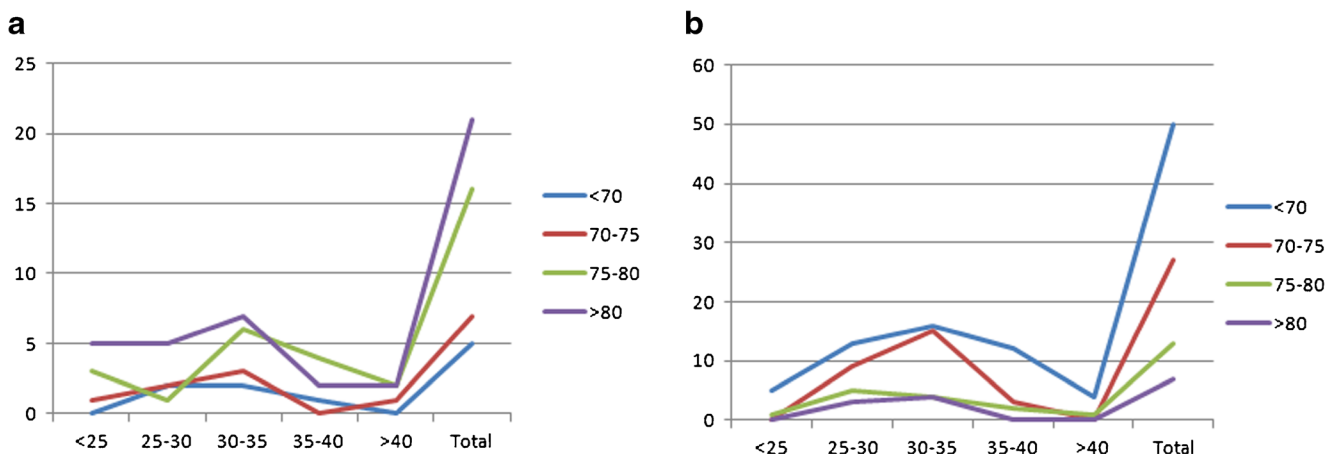


Fig. 1 The BMI curve remains similar between the PPF group (a) and the control group (b). Age subpopulations are shown, obtaining no differences between both groups

Our study has some limitations such as a significant difference in age and sex in both groups. These differences were, in our opinion, because of the epidemiology of PPF, appearing more frequently in female patients over 70 years due to osteoporosis. One weakness is that the control group and the PPF group should have had the same characteristics. However, we considered that both groups were statistically similar and the power of the study would be significant to obtain solid results.

The strength of this study is that it is the only clinical study to date that relates obesity with PPF around the knee and finding no relationship between them.

Conclusions

The main conclusion of our study is that there is no clinical relationship between obesity ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$) and the appearance of a periprosthetic fracture around the knee ($p < 0.05$). Thus, obesity should not be viewed as a risk factor for PPF after TKA.

Acknowledgments The authors would like to thank Prof. Dr. Juan Carlos Díaz Alcaide and Prof. Dra. María de los Ángeles Miñarro del Moral for their continuous help and support. Moreover, special thanks to Maria del Carmen Ruiz Bonilla and Rafael Carlos Muñoz López for giving the initial idea. Orthopaedics is much simpler thanks to them.

References

- Sarmah SS, Patel S, Reading G et al (2012) Periprosthetic fractures around total knee arthroplasty. *Ann R Coll Surg Engl* 94:302–307. doi:10.1308/003588412X13171221592537
- Dennis D (2001) Periprosthetic fractures following total knee arthroplasty. *Instr Course Lect* 50:379–89
- Su ET, DeWal H, Di Cesare PE (2004) Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements. *J Am Acad Orthop Surg* 12: 12–20
- Sterling RS (2003) Supracondylar femur fractures after total knee arthroplasty. *Curr Opin Orthop* 14:34–40. doi:10.1097/00001433-200302000-00009
- Kim W, Song JH, Kim J-J (2015) Periprosthetic fractures of the distal femur following total knee arthroplasty: even very distal fractures can be successfully treated using internal fixation. *Int Orthop* 39:1951–1957. doi:10.1007/s00264-015-2970-9
- Bezwada HP, Neubauer P, Baker J et al (2004) Periprosthetic supracondylar femur fractures following total knee arthroplasty. *J Arthroplast* 19(4):453–8
- Parratte S, Pesenti S, Argenson JN (2014) Obesity in orthopedics and trauma surgery. *Orthop Traumatol Surg Res* 100:S91–S97. doi: 10.1016/j.otsr.2013.11.003
- Sabharwal S, Root MZ (2012) Impact of obesity on orthopaedics. *J Bone Joint Surg Am* 94(11):1045–52. doi:10.2106/JBJS.K.00330
- Mihalko WM, Bergin PF, Kelly FB, Canale ST (2014) Obesity, orthopaedics, and outcomes. *J Am Acad Orthop Surg* 22(11): 683–690
- Finucane MM, Stevens GA, Cowan MJ et al (2011) National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet* 377: 557–567. doi:10.1016/S0140-6736(10)62037-5
- Kapadia BH, Berg RA, Daley JA et al (2015) Periprosthetic joint infection. *Lancet* S0140-6736(14)61798-0. doi:10.1016/S0140-6736(14)61798-0
- World Health Organization (2009) Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. World Health Organization, Geneva
- Lehmann W, Rupperecht M, Nuechtern J et al (2012) What is the risk of stress risers for interprosthetic fractures of the femur? a biomechanical analysis. *Int Orthop* 36:2441–2446. doi:10.1007/s00264-012-1697-0
- Mäkinen TJ, Dhotar HS, Fichman SG, et al. (2015) Periprosthetic supracondylar femoral fractures following knee arthroplasty: a biomechanical comparison of four methods of fixation. *Int Orthop* 1737–1742. doi:10.1007/s00264-015-2764-0
- Singh J, Jensen M, Harmsen S, Lewallen D (2013) Are gender, comorbidity, and obesity risk factors for postoperative periprosthetic fractures after primary total hip arthroplasty? *J Arthroplast* 28(1):126–31. doi:10.1016/j.arth.2012.03.010, e1-2
- Koenig K, Huddleston JI, Huddleston H et al (2012) Advanced age and comorbidity increase the risk for adverse events after revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 27:1402–1407.e1. doi:10.1016/j.arth.2011.11.013

