



**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
**ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**

**Efectividad de la Aloprótesis para Tumores  
Óseos Malignos de Rodilla. Comparación entre la  
Localización en Fémur Distal y Tibia Proximal**

**D<sup>a</sup>. María Ángeles Trigueros Rentero**

**2018**





**Facultad de Medicina  
Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud**

**EFFECTIVIDAD DE LA ALOPRÓTESIS PARA TUMORES  
ÓSEOS MALIGNOS DE RODILLA. COMPARACIÓN  
ENTRE LA LOCALIZACIÓN EN FÉMUR DISTAL Y TIBIA  
PROXIMAL**

**Tesis para optar al grado de  
Doctora en Medicina y Cirugía**

Presentada por  
**María Ángeles Trigueros Rentero**

Dirigida por  
**Dr. Alejandro Lizaur Utrilla  
Dr. José Pablo Puertas García-Sandoval**

**Murcia, 2018**





UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

D. Alejandro Lizaur Utrilla, Jefe del Servicio de Cirugía Ortopédica del Hospital General Universitario de Elda (Alicante) y Profesor Asociado de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante), del Área de Traumatología y Ortopedia en el Departamento de Patología y Cirugía, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "**EFFECTIVIDAD DE LA ALOPRÓTESIS PARA TUMORES ÓSEOS MALIGNOS DE RODILLA. COMPARACIÓN ENTRE LA LOCALIZACIÓN EN FÉMUR DISTAL Y TIBIA PROXIMAL**", realizada por **D<sup>a</sup>. MARÍA ÁNGELES TRIGUEROS RENTERO**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 20 de Marzo de 2018

Mod:T-20





UNIVERSIDAD DE  
MURCIA

D. JOSE PABLO PUERTAS GARCÍA-SANDOVAL, Profesor Asociado de la Universidad de Murcia Área de Traumatología en el Departamento de Cirugía General, Obstetricia y Pediatría, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "EFECTIVIDAD DE LA ALOPRÓTESIS PARA TUMORES ÓSEOS MALIGNOS DE RODILLA. COMPARACIÓN ENTRE LA LOCALIZACIÓN EN FÉMUR DISTAL Y TIBIA PROXIMAL", realizada por Dña MARIA ANGELES TRIGUEROS RENTERO, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 26 de MARZO de 2018

Mod:T-20





A mis padres



## **Agradecimientos**

**Al Dr. D. Alejandro Lizaur**, por dirigirme este proyecto, por su dedicación y diligencia. Gracias por poner fin al estancamiento de años anteriores, finalmente las sombras se han convertido en esencias. Mi más sincero agradecimiento por ayudarme a conseguir este grado, que yo ya veía imposible.

**Al Dr. D. Pablo Puertas**, por su colaboración y apoyo. Muchas gracias por el tiempo dedicado en la recolección de casos y por el entusiasmo que puso en sus explicaciones.

**A mis compañeros y amigos**, y a todas las personas que me aprecian y que me han animado, día a día, en este largo viaje.

**En fin**, a todos mis maestros y médicos senior que me enseñaron esta Especialidad a la que tengo tanto cariño.



## Resumen

**Antecedentes:** Los tumores malignos localizados en la rodilla son infrecuentes, pero de alta agresividad y pronóstico severo. Los avances médicos, como quimioterapia y radioterapia, junto a modernas técnicas quirúrgicas han permitido salvar el miembro y aumentar la supervivencia, aunque todavía es relativamente corta. La aloprótesis es una opción de reconstrucción articular tras la resección ósea, que teóricamente combina las ventajas del aloinjerto y de la prótesis. Estudios previos referían buenos resultados funcionales de las aloprótesis pero también una inaceptable tasa de fracasos mecánicos y sépticos asociados debido, entre otros, a la utilización de aloinjertos esterilizados con radiación gamma. Para los tumores del fémur distal, el aloinjerto fresco ha dado buenos resultados en cuanto a su osteointegración, sin embargo, la utilización de aloprótesis para tumores del fémur distal ha sido escasamente publicada. El objetivo de este estudio era valorar la efectividad de la aloprótesis en tumores óseos malignos del fémur distal y comparar los resultados mecánicos y clínicos con los de la tibia proximal.

**Métodos:** Cuarenta y cinco pacientes, 24 con afectación tumoral del extremo distal del fémur y 21 con afectación tumoral del extremo proximal de la tibia, fueron intervenidos implantándose aloprótesis (aloinjerto fresco congelado y esterilizado sin radiación gamma) y evaluados retrospectivamente con una media de 12,5 años en el grupo femoral y 11,2 años en el grupo tibial.

**Resultados:** Ningún paciente tuvo déficit de extensión. La media de flexión de la rodilla fue de 96,4º en el grupo femoral y 94º en el grupo tibial. La media de la escala MSTS (Musculoskeletal Tumor Society) fue de 23,2 en el grupo femoral y 24,7 en el grupo tibial. La integración del aloinjerto no presentó complicaciones mecánicas en ningún grupo. La supervivencia de la aloprótesis a los 10 años fue del 94,1% en el grupo femoral y del 83,3% en el grupo tibial.

**Conclusiones:** El tratamiento con aloprótesis para tumores malignos del fémur distal ha mostrado una efectividad al menos similar que para los tumores de la tibia proximal.

**Palabras clave:** Rodilla; Fémur distal; Tibia proximal; Tumor maligno; Osteosarcoma; Aloinjerto; Megaprótesis; Aloprótesis.

## **Abstract**

**Background:** Malignant tumors located in the knee are infrequent, but they have high aggressiveness and severe prognosis. Medical advances, such as chemotherapy and radiotherapy, together with modern surgical techniques, have saved the limb and increased survival, although it is still relatively short. Allograft-prosthetic composite is one option for joint reconstruction after bone resection, which combines the advantages of the allograft and the prosthesis, theoretically. Previous studies reported good functional results of the allograft-prosthetic composite but also an unacceptable rate of mechanical and septic failures associated, among others, with the use of allografts sterilized with gamma radiation. For tumors of the distal femur, the fresh allograft has given good results in the osseous union of the host-allograft junction, however, the use of allograft-prosthetic composite for tumors of the distal femur has been scarcely published. The objective of the present study was to assess the effectiveness of allograft-prosthetic composite in malignant bone tumors of the distal femur and to compare the mechanical and clinical results with those of the proximal tibia.

**Methods:** Forty-five patients, 24 patients with tumor affectation of the distal femur and 21 patients with tumor affectation of the proximal tibia were operated with allograft-prosthetic composite (frozen allograft sterilized without gamma radiation) and retrospectively evaluated with a mean of 12, 5 years in the femoral group and 11.2 years in the tibial group.

**Results:** No patient had an extension deficit. The mean flexion of the knee was 96.4° in the femoral group and 94° in the tibial group. The mean of the MSTs (Musculoskeletal Tumor Society) scale was 23.2 in the femoral group and 24.7 in the tibial group. The allograft integration did not present mechanical complications in the groups. The survival of the allograft-prosthetic composite at 10 years was 94.1% in the femoral group and 83.3% in the tibial group.

**Conclusions:** Treatment for malignant tumors of the distal femur with allograft-prosthetic composite has shown effectiveness at least similar to the proximal tibia localization.

**Keywords:** Knee; Distal femur; Proximal tibia; Malignant tumor; Osteosarcoma; Allograft; Megaprosthesis; Allograft-prosthesis composite.

## **Lista de abreviaturas y siglas**

**AJCC:** American Joint Commission on Cancer

**FA:** Fosfatasa alcalina

**FDG-PET:** Tomografía de emisión de positrones de fluorodesoxiglucosa

**ISOLS:** International Symposium on Limbs Salvage

**LCA:** Ligamento cruzado anterior

**LCP:** Ligamento cruzado posterior

**LDH:** Lactato deshidrogenasa

**MSTS:** Musculoskeletal Tumor Society

**N/A:** No aportado

**PAPE:** Ángulo posterolateral de la rodilla

**PAPI:** Ángulo posteromedial de la rodilla

**PET-TAC:** Tomografía de emisión de positrones- Tomografía axial computarizada

**RMN:** Resonancia magnética nuclear

**TAC:** Tomografía axial computarizada

**VSG:** Velocidad de sedimentación globular

## **Lista de Tablas**

**Tabla 1.** Clasificación de tumores malignos (Enneking 1983)

**Tabla 2.** Clasificación de la AJCC (Aboulafia 2014)

**Tabla 3.** Indicaciones y contraindicaciones de la artrodesis de rodilla

**Tabla 4.** Complicaciones más frecuentes en megaprótesis

**Tabla 5.** Complicaciones en aloprótesis

**Tabla 6.** Datos epidemiológicos de ambos grupos

**Tabla 7.** Predictores de mala osteointegración del aloinjerto

**Tabla 8.** Complicaciones protésica según Henderson

**Tabla 9.** Resultados funcionales

**Tabla 10.** Discusión respecto a literatura actual



## Lista de Figuras

- Fig. 1.** Visión sagital-medial de la rodilla: huesos y articulaciones
- Fig. 2.** Visión superior del extremo proximal de la tibia para observar los meniscos
- Fig. 3.** Visión anterior de la rodilla
- Fig. 4.** Músculos de la cara anterior y posterior de la rodilla
- Fig. 5.** Cara anterior de la vascularización de la rodilla
- Fig. 6.** Cara posterior de la vascularización de la rodilla
- Fig. 7.** Distribución de la carga en la rodilla
- Fig. 8.** Fuerzas que actúan en apoyo monopodal sobre la rodilla
- Fig. 9.** Fuerzas sobre la rótula
- Fig. 10.** Modelo de palanca de la articulación femorrotuliana en flexión y extensión
- Fig. 11.** Ángulo Q de la rodilla
- Fig. 12.** Osteosarcoma osteoblástico (tipo escleroso) tibia proximal
- Fig. 13.** Osteosarcoma parostal fémur distal
- Fig. 14.** Osteosarcoma parostal fémur distal
- Fig. 15.** TAC osteosarcoma fémur distal
- Fig. 16.** RMN osteosarcoma fémur distal
- Fig. 17.** Gammagrafía con Tc 99, rastreo óseo osteosarcoma fémur distal
- Fig. 18.** PET-TAC osteosarcoma fémur distal
- Fig. 19.** Resección intercalar de tibia
- Fig. 20.** Aloinjerto intercalar de fémur respetando fisis y osteosíntesis con placa
- Fig. 21.** Prótesis tumorales
- Fig. 22.** Prótesis Endo-Model (Link). Esquema de montaje de una alprótesis

- Fig. 23.** Transplante de aloinjerto completo
- Fig. 24.** Aloinjerto tibial con tendón rotuliano
- Fig. 25.** Reconstrucción del aparato extensor con gastrocnemio
- Fig. 26.** Colgajo de gastrocnemio medial
- Fig. 27.** Hueco poplíteo
- Fig. 28.** Disección del m. gastrocnemio medial y su pedículo vascular
- Fig. 29.** Cobertura con m. gastrocnemio
- Fig. 30.** Planificación de la resección y aloprótesis Endo-Model
- Fig. 31.** Implantación de la combinación aloinjerto-prótesis en el hueso nativo
- Fig. 32.** Reconstrucción aparato extensor
- Fig. 33.** Aparato extensor y cobertura con colgajo de gastrocnemio medial
- Fig. 34.** Resultados de consolidación ISOLS del aloinjerto
- Fig. 35.** Necrosis cutánea
- Fig. 36.** Rotura de polietileno
- Fig. 37.** Supervivencia de la prótesis, según Kaplan-Meier
- Fig. 38.** Supervivencia de los pacientes, según Kaplan-Meier

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. ANATOMÍA DE LA RODILLA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1. MORFOLOGÍA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2. BIOMECÁNICA DE LA RODILLA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. TUMORES MALIGNOS EN LA RODILLA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1. EPIDEMIOLOGÍA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2. TIPOS. OSTEOSARCOMAS Y METÁSTASIS.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.3. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.4. CLASIFICACIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.5. MÉTODOS DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3. OPCIONES QUIRÚRGICAS ACTUALES.....</b>	<b>35</b>
<b>2.3.1. TÉCNICAS NO FUNCIONALES.....</b>	<b>36</b>
<b>2.3.2. TÉCNICAS FUNCIONALES DE RECONSTRUCCIÓN ARTICULAR.....</b>	<b>38</b>
<b>2.3.3. RECONSTRUCCIÓN DEL APARATO EXTENSOR .....</b>	<b>48</b>
<b>2.3.4. COBERTURA DE PARTES BLANDAS .....</b>	<b>52</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>57</b>
<b>4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>61</b>
<b>4.1. HIPÓTESIS .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2. OBJETIVO PRINCIPAL.....</b>	<b>61</b>
<b>4.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS.....</b>	<b>61</b>
<b>5. MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>63</b>
<b>5.1. DISEÑO Y ÉTICA .....</b>	<b>63</b>
<b>5.2. SELECCIÓN DE PACIENTES .....</b>	<b>63</b>

5.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN .....	63
5.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN .....	64
5.2.3. GRUPOS DE ESTUDIO .....	64
5.3. PROTOCOLO QUIRÚRGICO EMPLEADO .....	64
5.4. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO .....	68
5.5. VARIABLES DE ESTUDIO .....	68
5.5.1. VARIABLE PRINCIPAL .....	68
5.5.2. VARIABLES SECUNDARIAS .....	69
5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	71
5.6.1. CÁLCULO DE POTENCIA DEL ESTUDIO .....	71
5.6.2. PRUEBAS DESCRIPTIVAS E INFERENCIALES.....	71
6. RESULTADOS .....	73
6.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO .....	73
6.2. RESULTADOS CLÍNICOS.....	74
7. DISCUSIÓN .....	81
8. CONCLUSIONES .....	91
9. BIBLIOGRAFÍA.....	93
10. ANEXOS .....	111
Evaluación ética .....	111
Cuestionario WOMAC.....	112
Escala funcional MSTs-II .....	113

## 1. INTRODUCCIÓN

La incidencia de tumores óseos primarios es relativamente baja. En los estudios epidemiológicos más fiables es de 1/100.000 habitantes/año para el sexo masculino y 0,7 para el femenino (Doncel 2003). Estas cifras son referidas a los tumores malignos y no incluyen las lesiones *borderline* que pueden malignizarse. (Doncel 2003). El osteosarcoma es el tumor óseo maligno primario más prevalente tras el mieloma múltiple y su localización más frecuente es en las metáfisis de los huesos largos de la rodilla (Malawer 1984).

En comparación con los sarcomas de partes blandas de las extremidades, los osteosarcomas representan la tercera parte de éstos, aunque las metástasis óseas son las lesiones neoplásicas esqueléticas de mayor prevalencia en adultos (Doncel 2003). Por otro lado, el 95% de los tumores óseos primarios que afectan a la rodilla tienen también un componente extraóseo o de partes blandas (Malawer 1984).

Tras el fémur distal (Mavrogenis 2012), la tibia proximal es la segunda localización más frecuente de los tumores óseos malignos primarios (Bickels 2001). Por su localización y relaciones con importantes estructuras vasculonerviosas, la tibia proximal es un área difícil a la hora de realizar una amplia resección (El-Sherbiny 2008). Además, la frecuente necesidad de resección del aparato extensor y la pobre cobertura de partes blandas en la rodilla (Bickels 2001, El-Sherbiny 2008) han hecho que hasta la década de los años 80 los tratamientos de elección para los sarcomas de alto grado que involucraban la tibia proximal fueran cirugías mutilantes o no funcionales, como la resección-artrodesis y la amputación por encima de la rodilla (Malawer 1984).

Los avances tecnológicos han hecho emerger el uso de prótesis articulares especiales (megaprótesis) (Pala 2017; Ene 2015; Asavamongkolkul 2007; Heisel 2004) y la reconstrucción ósea y tendinosa mediante aloinjertos de cadáver conservados en bancos (Anract 2001; Chim 2007). Unido a ello, los avances en el estudio y tratamiento de los tumores malignos, como el uso de quimioterapia

adyuvante (reduce el tamaño del tumor), y los avances de la cirugía han permitido la realización y perfeccionamiento de las técnicas de reconstrucción. (Bickels 2001; Zhang 2008; El-Sherbiny 2008). Los avances en la cirugía, en el diseño de las megaprótesis (Bus 2017) y los tratamientos adyuvantes (Bi 2013) han permitido salvar la extremidad sin comprometer la supervivencia o calidad de vida comparada con la amputación (Chim 2007; Mavrogenis 2012). Los resultados de las técnicas de salvamento de la extremidad son superiores a la amputación en términos funcionales, cosméticos (Sönmez 2011) y psicológicos (Akula 2011). La reconstrucción de la rodilla con endoprótesis está aceptada como un tratamiento superior (Sönmez 2011). Así, la cirugía reconstructiva de salvamento de la extremidad se ha convertido en el tratamiento de elección de los tumores malignos de la región de la rodilla (Buchner 2003).

Las técnicas para restablecer la función articular son fundamentalmente dos: las megaprótesis y las aloprótesis (combinación de endoprótesis y aloinjerto). La utilización de aloinjertos articulares, sin endoprótesis, se ha asociado con altas tasas de complicaciones mecánicas (Campanacci 2015) y de reintervenciones posteriores por cambios degenerativos de la superficie articular del injerto (Verbeek 2017), por lo que actualmente no se recomienda su uso sistemático.

La reconstrucción con megaprótesis, comparada con los aloinjertos y con las aloprótesis, es una técnica más sencilla, no está asociada a las complicaciones relacionadas con el injerto (Bus 2017; Mavrogenis 2012), tales como no-uniión, fractura, colapso subcondral, degeneración del cartílago articular e inestabilidad y con resultados funcionales alentadores (Bernthal 2015; Lang 2015; Wang 2015). Sin embargo, las megaprótesis no están exentas de complicaciones (Tan 2012; Pala 2013; Capanna 2015), entre las más frecuentes se encuentra el aflojamiento aséptico, que oscila para la mayoría de los autores en tasas del 13% al 20% (Bus 2017; Shehadeh 2010%; Schwartz 2010), aunque puede alcanzar tasas tan altas como 56% (Morgan 2006). El rango de supervivencia de la reconstrucción con megaprótesis en tibia proximal es del 45-52% a los 5-10 años (Mavrogenis 2012).

Otro problema frecuente al implantar una megaprotesis, es la reconstrucción del aparato extensor tras la resección tumoral del extremo proximal de la tibia. Dicho gesto incluye, casi invariablemente, la resección del aparato extensor para conseguir unos adecuados márgenes de seguridad, por lo

que es necesaria su reconstrucción para hacer funcionante la rodilla (Bickels 2001). La competencia del aparato extensor se considera determinante en la función tras la reconstrucción con endoprótesis de tibia proximal y se han descrito diferentes técnicas: desde la re inserción simple (Mavrogenis 2012), a la utilización de tendones sintéticos (Hobusch 2016) y el uso del colgajo de gastrocnemio medial (Jentsch 2013), hasta el injerto parcial (Imanish 2015, Muscolo 2010) y completo de aparato extensor (Chen 2016). El retraso de la extensión por las opciones “poco fiables” de reconstrucción, aumenta las complicaciones postoperatorias y disminuye la función (Mavrogenis 2012).

En contraste a la reconstrucción con megaprótesis, las aloprótesis permiten restaurar el *stock* óseo y la re inserción biológica del aparato extensor, por lo que teóricamente combinan las ventajas del aloinjerto y de la prótesis (Farid 2006). En tibia proximal, estudios previos referían buenos resultados funcionales (Gitelis 1999) pero también una inaceptable tasa de fracasos mecánicos y sépticos (Biau 2007) atribuibles a la utilización de aloinjertos irradiados (Biau 2007), sin embargo, para los tumores del fémur distal, el aloinjerto fresco ha dado buenos resultados en cuanto a su osteointegración (Brown 2011). Según Donati et al (2008) las tasas de supervivencia del implante incluyendo recurrencias y metástasis fue del 75% a los 5 años de la cirugía, mientras que la supervivencia del implante excluyendo los fracasos fue del 78% a los 5 años de la cirugía. En la serie de Wang et al. (2015), tras una media de 54 meses de seguimiento (rango 31-78 meses) no hubo ningún caso de aflojamiento aséptico ni otras complicaciones relacionadas con el implante, sin embargo, en 2 pacientes (4,88%) no hubo consolidación del aloinjerto. En la serie de Biau et al (2006), se muestra un fracaso mecánico algo mayor en megaprótesis (10 fracasos en 28 casos) que en aloprótesis (10 fracasos en 33 casos), sin embargo la supervivencia media en aloprótesis es de 117 meses y en megaprótesis de 138 meses, siendo un estudio no comparado entre ambos grupos. En la serie de Gilbert et al (2009) no hubo complicaciones del implante y tampoco complicaciones del aloinjerto.

Para ambos grupos (megaprótesis y aloprótesis), debido a la utilización de varias técnicas quirúrgicas simultáneas, el largo tiempo de intervención y en el caso de las aloprótesis la utilización de aloinjertos irradiados (Biau 2007), otras complicaciones con gran prevalencia son la infección y los problemas de partes

blandas. La tasa de infección tras cirugía protésica con reconstrucción del aparato extensor se sitúa alrededor del 14% en los estudios observacionales de mayor tamaño (Hardes 2006; Morii 2013; Shehadeh 2010; Peel 2014).

La tasa de complicaciones de partes blandas oscila del 9% al 50% (Plotz 2002; Mavrogenis 2012; Toepfer 2017). Este déficit de cobertura de piel y partes blandas subyacentes puede deberse bien a la incapacidad de aproximación de los bordes dado el volumen de la prótesis y el aloinjerto, o bien a dehiscencia de la herida quirúrgica o necrosis de los bordes cutáneos, que casi invariablemente conducen a infección (Plotz 2002; Chen 2015; Chim 2007; Malawer 1984). Así, varios autores consideran que el manejo de las partes blandas alrededor de las endoprótesis tumorales es el mayor determinante del éxito de la intervención (Sönmez 2011; El-Sherbiny 2008). El uso del colgajo muscular de gastrocnemio medial para aumentar la curación biológica y la cobertura parece ser el *gold standard* (Mavrogenis 2012).

A pesar de la controversia entre los resultados comunicados por los estudios de megaprótesis y aloprótesis, la utilización de aloprótesis para tumores del fémur distal ha sido escasamente publicada. Nosotros hemos encontrado solo un estudio focalizado en ese procedimiento (Mo 2013), consistente en una pequeña serie de 11 casos con baja tasa de complicaciones y buenos resultados funcionales. Así, las evidencias sobre la aloprótesis en tumores del fémur distal son escasas, y no hay estudios comparando los resultados de la aloprótesis entre tumores del extremo distal del fémur y el proximal de la tibia.

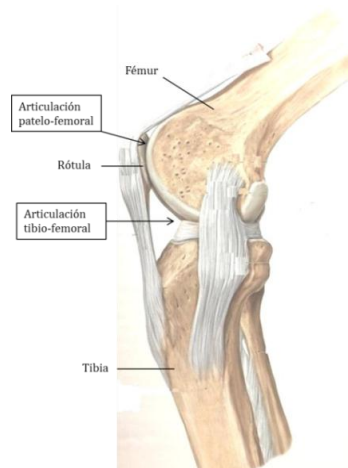


## 2. MARCO CONTEXTUAL

### 2.1. ANATOMÍA DE LA RODILLA

#### 2.1.1. MORFOLOGÍA

La rodilla puede considerarse como un sistema de transmisión biológico, cuyo propósito es aceptar, redirigir y disipar una serie de cargas biomecánicas (Fulkerson 2007). Se trata de una articulación esencial para la mayoría de las actividades de la vida diaria, imprescindible para la marcha, nos permite desde la bipedestación a la carrera. Se trata de una articulación sinovial de tipo troclear. Está constituida por tres huesos (fémur, tibia y rótula) y dos superficies articulares diferenciadas (tibio-femoral y patelo-femoral) con una cápsula en común (Fig. 1).



**Fig. 1.** Visión sagital-medial de la rodilla: huesos y articulaciones (imagen modificada de Insall 2007)

#### **Extremidad distal del fémur**

Está formada por los dos cóndilos femorales, lateral y medial, separados por la tróclea. La tróclea representa una garganta en cuyo fondo convergen dos

vertientes, medial y lateral destinadas a la rótula. Continuando sus dos vertientes en dirección distal y posterior se encuentran los cóndilos femorales.

Cada cóndilo posee una superficie articular curva en forma de espiral, cuyo radio decrece de delante hacia atrás. Ambos cóndilos no son idénticos. La superficie articular del cóndilo medial es mucho más larga que la del cóndilo lateral. En la parte medial del cóndilo medial hay un saliente mal circunscrito, denominado epicóndilo medial, donde se inserta el ligamento colateral medial. Por encima y detrás de él se ubica el tubérculo del aductor para la inserción del músculo que lleva su nombre. En la parte lateral del cóndilo lateral se encuentra el epicóndilo lateral para la inserción del ligamento colateral lateral. Por detrás de él, se encuentran dos excavaciones, una superior para la cabeza lateral del gastrocnemio y la inferior o surco poplíteo para el tendón del músculo poplíteo.

### **Extremidad proximal de la tibia**

Está constituida por dos superficies poco excavadas, soportadas por los cóndilos tibiales, que se denominan platillos tibiales. Se trata de dos superficies ovaladas y con sus ejes orientados en sentido sagital. El platillo tibial medial es más grande y cóncavo que el lateral. La región central entre ambos platillos está constituida por dos tubérculos (anterior y posterior) donde se insertan los ligamentos cruzados.

El cóndilo medial presenta en su parte posterior una impresión rugosa para la inserción del tendón directo del músculo semimembranoso. Anterior a éste hay un surco horizontal donde se aloja el tendón reflejo de este mismo músculo. El cóndilo lateral de la tibia presenta en su parte anterolateral el tubérculo de Gerdy para la inserción de la cintilla iliotibial y en su región posterolateral una carilla articular para el peroné. En la parte anterior de la extremidad proximal de la tibia se encuentra la tuberosidad tibial, lugar de inserción del tendón rotuliano (ligamento rotuliano).

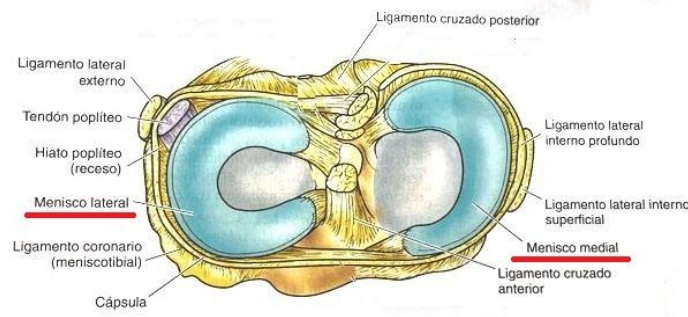
### **Rótula**

La rótula (patela) es un hueso corto, aplanado de delante hacia detrás de forma triangular con base superior. La cara articular presenta dos superficies ligeramente cóncavas, separadas entre sí por una cresta vertical. La base sirve de

inserción en su mitad o tres cuartos anteriores al tendón del cuádriceps femoral, cuyas expansiones anteriores pasan por delante del hueso. Los bordes lateral y medial convergen hacia el vértice, en ellos se insertan las expansiones laterales del cuádriceps. El vértice proporciona la inserción al tendón rotuliano.

## Meniscos

El defecto de concordancia entre los cóndilos femorales y la carilla articular superior de la tibia se corrige en parte, por la presencia de los meniscos (Fig. 2). Son dos fibrocartílagos fijados en la tibia y en la cápsula articular abiertos medialmente hacia los tubérculos intercondíleos. Triangulares al corte, presentan una cara lateral que se inserta en la cápsula. Las extremidades o cuernos se fijan en la tibia. La cara superior cóncava se adapta al cóndilo femoral y la cara inferior casi plana reposa sobre el segmento periférico de la carilla articular de la tibia. El menisco lateral tiene forma de semiluna casi cerrada en forma de “O”, mientras que el menisco medial es más abierto y adopta forma de “C”. Los meniscos desempeñan un papel fundamental en el reparto de las cargas entre fémur y tibia.



**Fig. 2.** Visión superior del extremo proximal de la tibia para observar los meniscos (imagen modificada de Insall 2007)

## Articulación femoro-tibial

El cartílago hialino recubre las superficies articulares condílea y troclear del fémur, ambos platillos tibiales y la carilla articular y base de la rótula.

La cápsula articular es una membrana fibrosa de espesor variable, que envuelve la extremidad inferior del fémur y la extremidad superior de la tibia y en su cara profunda está recubierta por la membrana sinovial (a excepción de la zona del cartílago) y en su interior el líquido sinovial. Los ligamentos colaterales son refuerzos capsulares.

La membrana sinovial presenta una serie de divertículos sinoviales:

- Bolsa suprarrotuliana (fondo de saco subcuadricipital): se desarrolla por encima de la rótula y está situada entre el fémur y el músculo cuádriceps femoral. Sobre el receso subcuadricipital se inserta el pequeño músculo articular de la rodilla.

- Prolongación poplítea: cubierta por la cara anterior del músculo poplíteo.

- Divertículos supracondíleos: perforan la parte superior de la capsula cerca de su inserción.

- Pliegues sinoviales y cuerpo adiposo: el cuerpo adiposo está situado por debajo de la rótula y detrás del ligamento rotuliano, del que está separado por la bolsa sinovial infrarrotuliana. Su parte profunda se prolonga por un pliegue sinovial infrarrotuliano (ligamento adiposo) que une el cuerpo adiposo con la fosa intercondílea por delante del ligamento cruzado anterior.

- Cuerpo adiposo suprarrotuliano: situado por encima de la rótula.

- Franjas sinoviales: se reparten en bordes inferiores de los meniscos con la tibia, bordes superiores, inserción de los ligamentos cruzados etc.

La membrana sinovial es de naturaleza conjuntival y posee abundantes vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Existen tres tipos de células sinoviales: A, B y C. Las tipo A son las más abundantes y tienen características similares a los macrófagos. Las tipo B sintetizan el ácido hialurónico responsable de la viscosidad del líquido sinovial. Las tipo C son células de sostén.

El líquido sinovial está compuesto por agua, electrolitos y algunas proteínas de bajo peso molecular. Su aspecto normal es viscoso y amarillento claro. Sus funciones consisten en: nutrición del cartílago, lubricación de la articulación y amortiguación de impactos.

La articulación tibio-femoral posee escasa estabilidad intrínseca debido a su forma, así que el mantenimiento de la misma depende de la integridad de los estabilizadores estáticos y dinámicos.

### **Articulación fémoro-rotuliana**

La articulación fémoro-rotuliana está constituida por las carillas lateral y medial de la rótula y la tróclea femoral. Recubiertas por cartílago hialino y bañadas por el líquido articular, la rótula permite mejorar la eficiencia de la fuerza en

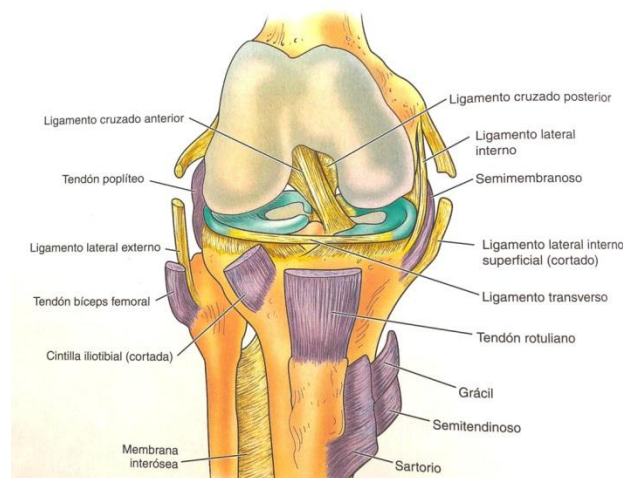
extensión, evitar el roce del tendón cuadricipital y actuar de estabilizador de la articulación femoro-tibial.

### Estabilizadores estáticos de la articulación de la rodilla

El ligamento colateral medial, se extiende desde el epicóndilo femoral interno hasta el extremo proximal de la tibia con dirección oblicua hacia abajo y delante. Se describen dos capas. La superficial que en su porción principal se dispone longitudinalmente entre el epicóndilo medial y la cara medial de la tibia (se inserta a unos 5 cm de la interlínea articular). La porción oblicua se dirige hacia el menisco interno (ligamento posterior oblicuo). La capa profunda es un engrosamiento capsular que se extiende de fémur a menisco (ligamento menisco femoral) y de éste a la tibia (ligamento meniscotibial o coronal).

El ligamento colateral lateral, se extiende desde el epicóndilo lateral hasta la cabeza del peroné. Su dirección es oblicua y atrás. Se distingue de la cápsula articular en todo momento y está separado del menisco externo por el tendón poplíteo. Lateralmente se encuentra la cintilla iliotibial que también desempeña su papel en la estabilidad externa de la rodilla.

El ligamento cruzado anterior (LCA), se origina a nivel de la mitad posterior de la cara intercondílea del cóndilo lateral del fémur y se inserta en el tubérculo tibial anterior. Está constituido por dos haces: anteromedial y posterolateral (más grueso). El LCA limita la hiperextensión de rodilla y el desplazamiento anterior de la tibia.



**Fig. 3.** Visión anterior de la rodilla (imagen tomada de Insall 2008)

El ligamento cruzado posterior (LCP), se origina en la cara intercondílea del fémur y se inserta en el tubérculo posterior de la tibia por detrás de las inserciones de los cuernos posteriores de los meniscos. Está formado por dos haces (anterolateral y posteromedial). El LCP es más grueso, corto y resistente que el LCA y la mayor parte de sus fibras se tensan en flexión. El LCP controla la flexión y limita el desplazamiento posterior de la tibia en relación con el fémur, así como la rotación externa con la rodilla en flexión.

Otros ligamentos de interés para la estabilidad de la rodilla son:

- Ángulo posterolateral (PAPE): está compuesto por: ligamento arcuato, poplíteo, cápsula posterolateral, ligamento colateral lateral, ligamento poplíteo peroneo, ligamento pateloperoneo, banda iliotibial y la inserción del gastrocnemio externo. El PAPE es muy importante para la estabilidad de rodilla a 30º de flexión, si además se lesiona el LCP, se produce una inestabilidad en flexión a 30-90º.

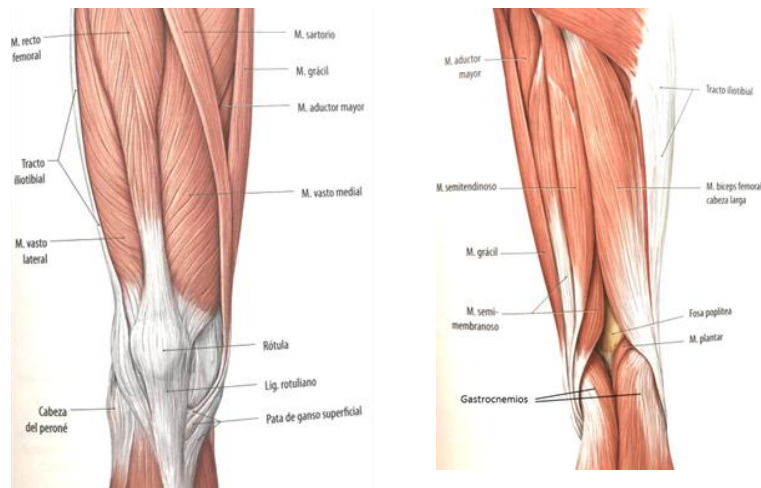
- Ligamento anterolateral: presente en el 97% de las rodillas, se encuentra situado delante del ligamento colateral lateral y podría ser el responsable de la inestabilidad rotacional que persiste tras la intervención de plastia de LCA.

- Ángulo posteromedial (PAPI): está compuesto por un engrosamiento de la cápsula posterior, de la inserción del semimembranoso, del ligamento oblicuo poplíteo y del ligamento oblicuo posterior. Confiere estabilidad rotatoria a la rodilla.

### **Estabilizadores dinámicos de la articulación de la rodilla**

Además de los estabilizadores estáticos (o ligamentos) que hemos comentado anteriormente, la articulación de la rodilla cuenta con una serie de estabilizadores dinámicos (Fig. 4). Se trata de los músculos que se originan/insertan en ella o atraviesan dicha articulación, y están distribuidos en cuatro compartimentos:

- Anterior: cuádriceps.
- Posterior: gastrocnemios.
- Medial: sartorio, grácil, semitendinoso y semimembranoso.
- Lateral: bíceps crural y cintilla iliotibial.



**Fig. 4.** Músculos de la cara anterior y posterior de la rodilla (imagen modificada de Schünke 2005)

El músculo cuádriceps femoral es el más potente de los músculos extensores de la rodilla. Lo constituyen cuatro músculos: recto femoral, vasto lateral, vasto medial y vasto intermedio.

El músculo recto femoral se origina en la pelvis por un tendón directo (espina iliaca anteroinferior), un tendón reflejo (surco supraacetabular y cápsula articular) y un tendón recurrente (adherente a la cápsula articular). El cuerpo muscular es vertical y desciende por un canal que le forman los músculos vasto lateral, medial e intermedio.

El vasto lateral se origina en el borde anterior del trocánter mayor, en la rama lateral de la trifurcación y los dos tercios superiores de la línea áspera, en la diáfisis femoral y en el tabique intermuscular lateral.

El músculo vasto medial se origina en el labio medial de la línea áspera. El cuerpo muscular es menos ancho que el precedente, pero grueso y aplanado. Sus fibras son oblicuas abajo y lateralmente, dispuestas sobre el fémur hasta la parte inferior del muslo.

El músculo vasto intermedio se origina en los tres cuartos superiores de las caras anterior y lateral del fémur y en la parte inferior del labio lateral de la línea áspera, donde confunde sus fibras de inserción con las del vasto lateral. El cuerpo muscular forma un manguito alrededor del fémur.

Profundamente al músculo vasto intermedio existe un pequeño músculo articular de la rodilla (subcruval o tensor de la membrana sinovial de la rodilla)

constituido por algunos fascículos que se insertan en la cara anterior del fémur y se pierden abajo en el receso o bolsa sinovial suprarrotuliana.

Aunque recto femoral, vasto lateral, vasto medial y vasto intermedio confluyen en el tendón cuadriceps para insertarse en el polo superior de la rótula, podemos reconocer tres planos musculares integrantes en la inserción:

- Plano superficial: formado por el tendón inferior del músculo recto femoral que se inserta por sus fibras profundas en la parte anterior de la base de la rótula y por sus fibras superficiales que pasan por delante de la rótula, alcanzan el ligamento rotuliano y con él se fijan en la mitad inferior de la tuberosidad tibial, formando el tendón rotuliano.
- Plano medio: a una distancia variable por encima de la rótula, los vastos medial y lateral se fusionan detrás del recto femoral, insertándose: algunas fibras en los bordes laterales del tendón del músculo recto femoral, en la base de la rótula por detrás del tendón rotuliano y en los bordes laterales de la rótula descendiendo más el vasto medial que el vasto lateral. Cada uno de estos vastos emite expansiones prerrotulianas cruzadas y directas formando los retináculos lateral y medial.
- Plano profundo: constituido por el músculo vasto intermedio que se inserta en la base de la rótula, por detrás de las inserciones de los otros vastos.

La rótula situada en el medio de estas inserciones se comporta como un verdadero “hueso sesamoideo” que prolonga las inserciones del músculo cuádriceps por medio del tendón rotuliano hasta la tuberosidad tibial.

La cintilla iliotibial (también llamada fascia lata) forma una vaina que envuelve al muslo a modo de cilindro. El máximo espesor se observa en la parte lateral. Existen dos músculos contenidos en un desdoblamiento de la fascia lata, lateralmente el tensor de la fascia lata y hacia abajo y medialmente, cruzando la diagonal del muslo, el sartorio. En el extremo superior se continua con la fascia de la región glútea y en el extremo inferior se inserta en el cóndilo lateral de la tibia (en el tubérculo de Gerdy) y peroné. Dependiendo de la posición de la rodilla puede ser extensora o flexora.



El músculo bíceps femoral se extiende desde el isquion y el fémur hasta la cabeza del peroné. Su origen es doble:

- La cabeza larga: en la parte superior y lateral de la tuberosidad isquiática por un tendón común con el músculo semitendinoso.
- La cabeza corta: en la parte inferior del labio lateral de la línea áspera y en el tabique intermuscular lateral.

El cuerpo muscular de la cabeza larga es grueso, alargado, se dirige lateral e inferior y cruza en diagonal la cara posterior del muslo. El cuerpo muscular de la cabeza corta es aplastado, oblicuo hacia inferior y lateral. Ambos cuerpos musculares se unen en el tercio inferior del muslo para terminar en un tendón común largo y cilíndrico que desciende en la parte posterolateral de la rodilla. Se inserta en: el vértice de la cabeza del peroné, en el cóndilo lateral de la tibia y en la fascia profunda de la pierna. Realiza flexión y rotación externa de la rodilla.

El músculo sartorio es largo y acintado. Se extiende de arriba abajo y de lateral a medial desde el hueso coxal (espina iliaca anterosuperior) a la extremidad superior de la tibia.

El músculo semitendinoso, carnosos arriba y tendinoso abajo, de ahí su nombre, se origina en la cara posterior de la tuberosidad isquiática por un tendón común con la cabeza larga del bíceps femoral.

El músculo grácil (recto interno) se origina lateral a la sínfisis pubiana, ángulo del pubis y en el labio lateral y parte anterior de la rama isquiopubiana.

El músculo semimembranoso debe su nombre a que en su tercio superior está constituido por una ancha membrana de inserción superior. Se origina en la cara posterior de la tuberosidad isquiática más profundo al origen de semitendinoso y porción larga de bíceps femoral.

El sartorio, el semitendinoso y el grácil se insertan en la región medial de la tibia proximal formando lo que se denomina la “pata de ganso superficial”. El semimembranoso constituye la pata de ganso profunda y se inserta mediante tres tendones: directo (parte posterior del cóndilo medial de la tibia), reflejo (por debajo del ligamento colateral medial de la rodilla en la parte medial de la tibia) y recurrente (cubre la cápsula articular de la rodilla, denominándose ligamento poplíteo oblicuo y se inserta en la cápsula fibrosa que cubre al cóndilo lateral y en parte en el fémur entre los dos cóndilos).

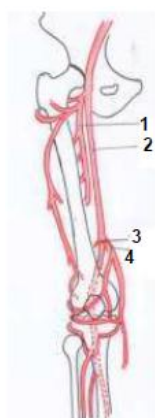
Los músculos de la pata de ganso (superficial y profunda) son rotadores internos.

Los músculos gastrocnemios (gemelos) según su situación son dos, medial y lateral, y se originan en el cóndilo femoral correspondiente. Las dos cabezas musculares convergen, reuniéndose a la altura de la interlinea articular de la rodilla y forman un músculo único que se continua con una lámina aponeurótica, se estrecha más abajo y se inserta junto con el sóleo en la cara posterior del calcáneo constituyendo el tendón calcáneo (de Aquiles). Realizan flexión de la rodilla.

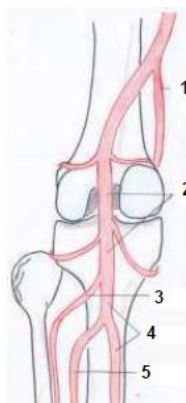
### Vascularización

La irrigación en la rodilla se realiza preferentemente a expensas de las ramas descendentes de las venas y arterias femoral, poplítea y circunfleja peronea y de ramas recurrentes de la vena y arteria tibiales anteriores. Estos vasos forman una red anastomótica alrededor de la articulación.

La arteria femoral profunda irriga la musculatura aductora, y la arteria femoral superficial se dirige en sentido distal entre los aductores para salir a nivel del anillo de Hunter donde se hace arteria poplítea. Hacia distal y después de la articulación de la rodilla la arteria poplítea se divide en arterias peronea y tibial. (Fig.)



**Fig. 5.** Cara anterior de la vascularización de la rodilla. 1: Arteria femoral profunda; 2: Arteria femoral superficial; 3: Hiato del aductor; 4: Arteria descendente genicular (producción propia)



**Fig. 6.** Cara posterior de la vascularización de la rodilla. 1: Arteria descendente genicular; 2: Arteria poplítea; 3: Arteria tibial anterior; 4: Arteria tibial posterior; 5: Arteria peronea (producción propia)

### **Fosa poplítea**

Se trata de un espacio en forma de rombo situado por detrás de la articulación de la rodilla, formada entre los músculos de los compartimentos posteriores del muslo y la pierna.

Por la fosa poplítea discurren las estructuras vasculares y nerviosas desde el muslo a la pierna. El techo de la fosa poplítea está cubierto por la fascia superficial y piel. La estructura más destacada en la fascia superficial es la vena safena menor. Otra estructura que pasa a través del techo de la fosa es el nervio cutáneo femoral posterior. Su contenido principal es:

- Arteria poplítea: aparece en la fosa poplítea en la cara medial y superior por debajo del borde del músculo semimembranoso. Es la estructura neurovascular más profunda. En la fosa poplítea da lugar a una serie de arterias de la rodilla que contribuyen a formar anastomosis vasculares alrededor de la misma.

- Vena poplítea: es superficial a la arteria poplítea y viaja con ella.

- Nervios tibial y peroneo común: son las estructuras neurovasculares más superficiales, y entran en la región directamente desde encima, por debajo del borde del músculo bíceps femoral.

## **2.1.2. BIOMECÁNICA DE LA RODILLA**

### **Cinemática**

La articulación de la rodilla es una bisagra modificada que permite seis grados de libertad de movimiento, como traslación en tres planos y rotación en tres planos. Los de traslación son los planos medio-lateral, antero-posterior y proximal-distal. Los de rotación son flexión-extensión, rotación interna-externa y varo-valgo. Aunque el movimiento tiene lugar en tres planos, el mayor rango de movimiento es en el plano sagital, el balance articular de la rodilla normal es de 0° de extensión y 132-150° de flexión (Norkin-White 2006).

En extensión completa, los ligamentos colaterales y cruzados están tensos y la región anterior de los meniscos está “sujeta” entre los cóndilos de fémur y los patillos tibiales. La extensión se consigue cuando la rodilla queda “bloqueada” por el fémur en rotación interna sobre la tibia, mecanismo denominado “de tornillo a fondo” (Insall 2007).

Al comenzar la flexión, la rodilla se “desbloquea” y se produce una rotación externa del fémur sobre la tibia gracias a la contracción del músculo poplíteo. Durante los primeros 30° de flexión se produce un balanceo del fémur sobre la tibia más pronunciado en la región lateral. Pasados los 30°, los cóndilos femorales giran sobre los platillos tibiales, pero el cóndilo medial del fémur permanece estático sobre la tibia durante la flexión, con balanceo limitado básicamente al cóndilo lateral. Los meniscos que estaban comprimidos entre las superficies articulares en extensión, se desplazan hacia posterior con el fémur en flexión, el lateral más que el medial. La inserción del tendón poplíteo en el menisco lateral tira del menisco hacia atrás y evita que quede atrapado al flexionar la rodilla.

El ligamento colateral medial funciona como resistencia principal frente a la tensión en valgo, resistencia a la rotación externa de la tibia y resistencia débil a la traslación anterior en la rodilla con insuficiencia del LCA. Las fibras paralelas del fascículo superficial están tensas desde la extensión completa a los 90° de flexión, pero la tensión es máxima entre 45° y 90° de flexión. Parece que las fibras oblicuas contribuyen poco a la función global.

El ligamento colateral lateral se tensa en extensión y se relaja en flexión. En flexión es posible un grado mucho mayor de rotación lateral que medial.

Las fibras de la cintilla iliotibial se tensan en extensión. En flexión se desplaza hacia atrás y se relaja parcialmente. Más allá de los 30° de flexión actúa el tendón del bíceps como estabilizador lateral importante.

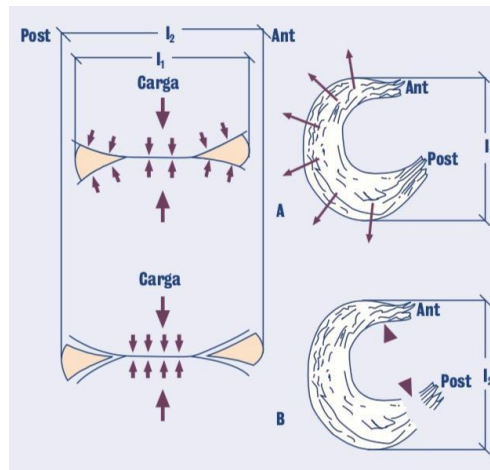
El LCA en extensión: ambos fascículos se tensan. En flexión el fascículo anteromedial continúa tenso y el posterolateral se relaja. El LCA es un freno frente a la hiperextensión y el desplazamiento anterior de la tibia.

El LCP en extensión: la parte anterior del ligamento se relaja y la parte posterior se tensa. En flexión la mayor parte de sus fibras se tensan. El LCP es un freno contra la inestabilidad posterior con la rodilla flexionada, controla también la rotación externa con la rodilla en flexión.

La rotación externa de la tibia relaja el LCA durante el desplazamiento anterior del cóndilo femoral lateral, al mismo tiempo que tensa el LCP. La rotación interna tensa LCA y relaja LCP.

## Cinética

Las fuerzas que actúan en el fémur se transmiten hasta los cóndilos femorales, los meniscos y los platillos tibiales. La rodilla es una articulación que trabaja en compresión. El menisco lateral cubre aproximadamente el 80% del platillo tibial y el menisco medial cubre el 60%, lo que supone que el 70% y el 50% respectivamente de la fuerza que atraviesa la articulación se transmite a través de los meniscos (Fig. 7).



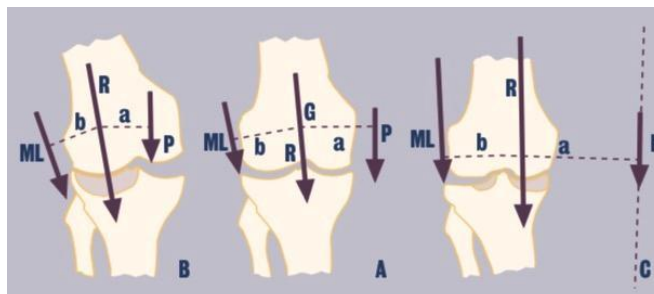
**Fig. 7.** Distribución de la carga: A (menisco intacto) y B (las inserciones están rotas y el menisco es desplazado hacia la periferia).  $I_1$  y  $I_2$  distancia entre los bordes anterior y posterior del menisco en ambos casos (imagen tomada de Domenech 2001)

Simplificando las fuerzas que actúan en la rodilla son tres: el peso del cuerpo (P), la fuerza de reacción del suelo y el tendón rotuliano.

Durante la bipedestación con apoyo bipodal, la carga soportada por la rodilla es el 43 % del peso corporal y las fuerzas musculares que actúan son prácticamente despreciables. Sin embargo, durante el apoyo monopodal, la rodilla soporta el 93% del peso del cuerpo y la musculatura de la región lateral del muslo (ML) debe contrarrestar la fuerza que ejerce la gravedad sobre el cuerpo.

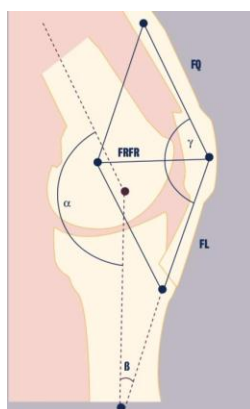
La fuerza transmitida por la rodilla (R), es la resultante de las fuerzas P y ML, que actúan medial y lateral, respectivamente, cuyos momentos son iguales. Cuando la fuerza R se desplaza medialmente como al aumentar la fuerza P, disminuir la ML o al aumentar la distancia entre el eje de gravedad y la rodilla (genu varo) se sobrecarga el platillo tibial medial que se traduce en una remodelación del hueso esponjoso subcondral. Por el contrario, si la fuerza R se desplaza lateralmente, como al aumentar la fuerza ML o disminuir la distancia entre el eje de gravedad y la rodilla (genu valgo), se sobrecarga el platillo tibial

lateral. Si en cualquier caso, consideramos el apoyo monopodal durante la marcha, carrera o salto, las sollicitaciones mecánicas que gravitan sobre la rodilla pueden representar hasta seis veces el peso del individuo (Fig. 8).



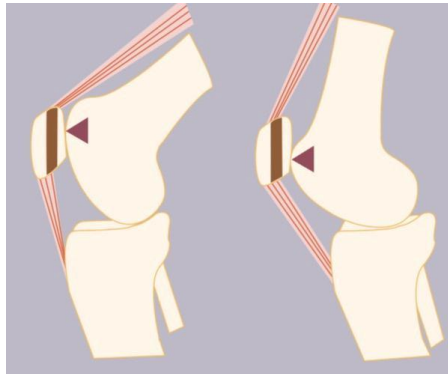
**Fig. 8.** Fuerzas que actúan en apoyo monopodal sobre la rodilla. A: normal. B: genu valgo. C: genu varo (imagen tomada de Domenech 2001)

Por otra parte, la rótula situada entre tendón cuadricepsital y rotuliano se encuentra sometida a fuerzas de tracción en su circunferencia y de compresión en su cara posterior (Fig. 9). La principal función de la rótula es elevar la eficacia de la extensión aumentando el brazo de palanca del músculo cuádriceps. La rótula también centraliza las fuerzas divergentes de los cuatro componentes del musculo cuádriceps y las transmite al ligamento rotuliano, que está sometido a fuerzas de tracción entre la rótula y la tuberosidad tibial anterior. Debido al bajo coeficiente de fricción del cartílago articular, se ha asumido que la rótula actúa como una polea sin fricción y por lo tanto, la fuerza del cuádriceps (FQ) sería igual a la del ligamento rotuliano (FL). La magnitud de los vectores FQ y FL puede variar según el ángulo de flexión de la rodilla.



**Fig. 9.** Fuerzas sobre la rótula. FRFR: Fuerza de reacción femorrotuliana. FQ: Fuerza del cuádriceps. FL: Fuerza del ligamento rotuliano (imagen tomada de Domenech 2001)

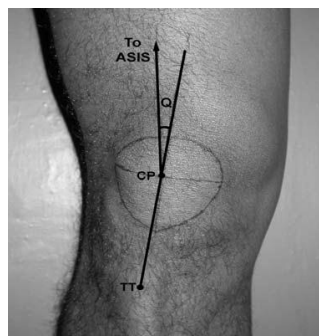
La fuerza de reacción femoro-rotuliana (FRFR) aumenta conforme se flexiona la rodilla, siendo máxima a los 80° y disminuyendo a partir de los 90°, esto es debido a que a partir de los 90° el tendón del cuádriceps entra en contacto con la tróclea femoral actuando como una segunda polea (Fig. 10). Debido a las altas presiones que soporta la rótula, su cartílago hialino es muy grueso (el más grueso del organismo). La carilla lateral es la que soporta más presión.



**Fig. 10.** Modelo de palanca de la articulación femoro-rotuliana en flexión y extensión (imagen tomada de Domenech 2001)

Se denomina ángulo Q al ángulo adyacente al que forman los ejes longitudinales del tendón del cuádriceps y del ligamento rotuliano. Su valor normal oscila entre 8° y 20°, siendo algo mayor en la mujer. Cuando la rodilla se flexiona disminuye, hasta llegar a 0° con la flexión de 90°. Aumenta con la extensión, sobre todo con la rotación externa de la tibia.

Cuanto mayor es el ángulo Q, mayor es la tendencia de la rótula a ser desplazada lateralmente, a este efecto se opone la orientación de la vertiente externa de la rótula y la contracción de las fibras más distales del vasto interno.



**Fig. 11.** Ángulo Q. ASIS: Espina iliaca antero superior. CP: centro de la patela. TT: tuberosidad tibial anterior. Q: ángulo del cuádriceps (imagen tomada de Raveendranath 2011)

## 2.2. TUMORES MALIGNOS EN LA RODILLA

### 2.2.1. EPIDEMIOLOGÍA

Los tumores óseos primarios suponen menos del 0,2% de todos los tumores malignos (Machado 2017). La tibia proximal es la segunda localización más frecuente tras el fémur distal (Yao 2017; Mavrogenis 2013; Bickels 2001). Con una incidencia del 35%, el osteosarcoma es el tumor óseo maligno más frecuente (Lisenda 2017; Lai 2017), después del mieloma múltiple (Biazzo 2016). Las metástasis, que se producen en mayores de 45 años (a excepción de las metástasis de neuroblastoma que se dan en la infancia), son más comunes que los tumores oseos primarios siendo su incidencia del 85%.

Otros tumores malignos que también pueden afectar la tibia proximal son el sarcoma de Ewing, el tumor de células gigantes (osteoclastoma), el codrosarcoma y más raramente el plasmocitoma.

**Sarcoma de Ewing:** supone entre el 6 y el 10% de los sarcomas óseos primarios y es el segundo en frecuencia después del osteosarcoma al final de la infancia y al comienzo de la edad adulta. Aparece antes de los 20 años en el 80% de los casos. Por razones que se desconocen es más frecuente en varones y excepcionalmente aparece en pacientes de raza negra. Ha sido descrito en algunos países asiáticos, como Japón o la India, pero es poco común en China. La incidencia en EEUU es aproximadamente de 3 casos/millón de jóvenes blancos menores de 21 años. Se localiza en la diáfisis/metáfisis de huesos largos, en primer lugar en fémur y en segundo en tibia. La localización epifisaria es rara (2%) y en el 10-20% de los casos la localización es extraesquelética (Aboulafia 2014).

**Tumor de células gigantes u osteoclastoma:** representa el 5% de los tumores óseos malignos y afecta pacientes de 20 a 40 años, normalmente mujeres (Vora 2017). La localización más frecuente es en epífisis sobre todo en la rodilla. Sólo un 2% se da en esqueleto inmaduro y cuando ocurre es siempre a nivel metafisario.

**Condrosarcoma:** se da en pacientes de 30- 60 años (media de 45 años), siendo algo más frecuente en varones (Martinez 2006). Está caracterizado por la formación de cartílago y no hueso ni osteoide. Puede clasificarse en central,



periférico y periosteal. Por su génesis puede ser primario o secundario (sobre lesiones preexistentes), siendo el condrosarcoma primario central el más frecuente (11% de los tumores óseos malignos). La localización más usual es metáfisis/diáfisis de fémur y pelvis.

**Plasmocitoma:** es un tumor maligno producido por la proliferación de células plasmáticas (Grammatico 2017). Normalmente se presenta como enfermedad generalizada en el contexto de un mieloma múltiple. Sin embargo, el 5% de los pacientes presentan lesiones solitarias conocidas como plasmocitoma óseo solitario (Kulkarni 2017). Afecta a pacientes de edad media 55 años, predominantemente el esqueleto axial, sobre todo vértebras, costillas y pelvis. Es raro que afecte a los huesos largos (Saksena 2014; Yamaç 2002) como la tibia o se de en adolescentes (Rago 2010; Kumar 2011).

## 2.2.2. TIPOS. OSTEOSARCOMAS Y METÁSTASIS

Los tumores óseos malignos se dividen en primarios y no primarios (su origen no es mesenquimal, por ejemplo la metástasis). Según la OMS (Schajowic 1972; Tecualt 2008) los tumores óseos malignos primarios se clasifican en: formadores de hueso (osteosarcoma), formadores de cartílago (condrosarcoma), tumores de la médula ósea (sarcoma de Ewing, mieloma...), tumores vasculares (angiosarcoma) y otros tumores de tejido conectivo.

### **Osteosarcoma**

El osteosarcoma es un tumor maligno caracterizado por la formación directa de hueso y osteoide de células tumorales (De Miguel 2017; Biazzo 2016; Aboulafia 2014). Sólo con que forme un poco de hueso ya se clasifica como osteosarcoma (aunque también aparezca cartílago u otro tejido). Se suele asociar a anomalía en los genes supresores de tumores RB1 en el cromosoma 13q14 (retinoblastoma) y P53 (síndrome de Li-Fraumeni) (Aboulafia 2014; Ottaviani 2009b).

La incidencia del osteosarcoma varía según las series. Para Ottaviani y Jaffe (2009a) es de 4.0 (3.5-4.6)/ millón de personas para la población de 0-14 años y de 5.0 (4.6-5.6)/ millón de personas entre los 0-19 años. Para otros autores (Biazzo

2016) es algo menos frecuente, 2/3 millones por año con un pico de 8-11 millones por año entre los 15 y los 19 años.

El osteosarcoma tiene una distribución bimodal de edad, tiene un primer pico en la adolescencia y un segundo pico en la edad adulta. El primer pico es a los 10-14 años coincidiendo con el crecimiento puberal. Esto sugiere una estrecha relación entre el crecimiento acelerado del adolescente y el osteosarcoma (Aboulafia 2014).

Entre los cánceres infantiles, el osteosarcoma aparece el octavo de incidencia, con una tasa del 2,4%, seguido del sarcoma de Ewing con tasa del 1,4% (Ottaviani 2009), con escasas diferencias entre razas.

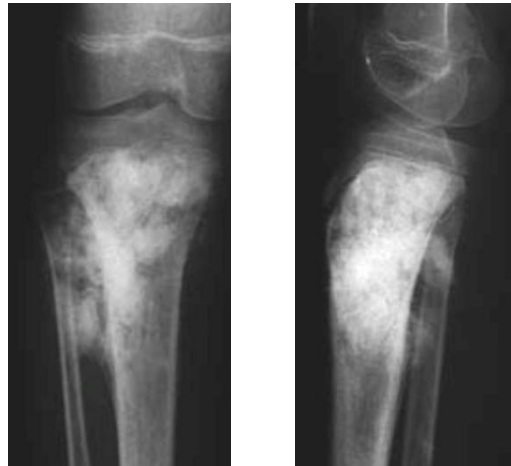
El segundo pico es en adultos mayores de 65 años y es más frecuente que se produzca como malignización secundaria de la enfermedad de Paget (0,7-1%; Muscolo 2009), también postirradiación o por malignización de una displasia fibrosa (muy raro). La localización más frecuente es la metáfisis de la rodilla: fémur (42%, con un 75% de los tumores en fémur distal), tibia (19%, con 80% de los tumores en tibia proximal) y húmero (10%, con 90% de tumores en el húmero proximal). Otras localizaciones posibles son el cráneo o la mandíbula (8%) y la pelvis (8%) (Ottaviani 2009). Es más frecuente en individuos altos y la incidencia siempre se ha considerado mayor en hombres que en mujeres, con una tasa de 5,4 por millón de personas por año en hombres, frente a 4,0 por millón en mujeres (Ottaviani 2009). Se distinguen dos grandes grupos: osteosarcoma central (medular) y osteosarcoma superficial (periférico). Los intracorticales son muy raros.

**Osteosarcoma medular:** se divide en varios tipos (Antonescu 2010; Muscolo 2009): clásico o de alto grado (el más frecuente), telangiéctasico, bien diferenciado (bajo grado), y de células pequeñas (redondas) que es similar al Ewing.

Todos excepto el de bajo grado, son muy malignos y metastatizan a pulmón.

La clínica es insidiosa de varios meses de duración, con dolor intermitente que evoluciona a dolor severo que no cede con analgésicos y masa palpable. En la analítica aumenta la fosfatasa alcalina. En la radiología aparece la lesión centralmente, luego rompe la cortical y afecta a las partes blandas. Tiene dos variedades:

- Tipo escleroso: si predomina la formación ósea (radiopaco)
- Tipo osteolítico: si predomina la destrucción ósea (radioluciente)



**Fig. 12.** Osteosarcoma osteoblástico (tipo escleroso) tibia proximal (imagen propia)

Normalmente aparece una mezcla de las dos variedades y produce reacción perióstica que puede ser en forma de:

- Espículas óseas filiformes: en paralelo o borde en cepillo; radial o sol naciente
- Triángulo de Codman: se trata de hueso reactivo entre el periostio levantado intacto y el córtex en la zona de transición

También pueden aparecer calcificaciones en la masa extraósea.

Respecto a la anatomía patológica, lo más característico es la formación de osteoide y el polimorfismo de las células malignas lo que hace que en un 90% de los casos sean de alto grado. Se suelen producir hemorragias y necrosis en su interior por el crecimiento rápido. No suelen extenderse intramedularmente, sino que sale hacia el córtex y también produce metástasis en la medular. Casi nunca atraviesa el cartílago de crecimiento de forma radiológica pero sí suele haber extensiones microscópicas en las epífisis. La clasificación anatomopatológica es la siguiente:

- Telangiectásicos: bolsa de sangre con pocas células, produce lesión lítica y tiene peor pronóstico

- Bien diferenciado (bajo grado): tejido fibroso y óseo con pocas atipias celulares, tiene mejor pronóstico y representa el 1% de los osteosarcomas
- Células pequeñas (rarísimo)
- Multifocal (muy raro excepto en malignizaciones del Paget)

**Osteosarcoma de superficie (periférico):** es menos frecuente que el central (Encinas-Ullán 2012). Clínica y radiológicamente es similar al central aunque no comunica con el canal medular y aparece en pacientes mayores (30-40 años). Tiene un mejor pronóstico. Los tipos son:

- El osteosarcoma parostal (yuxtacortical), es el más frecuente de los superficiales. Se presenta normalmente en varones de 20-40 años de edad y se localiza en la metáfisis sobre todo del fémur distal posterior. Es poco doloroso, la clínica es sobre todo por el efecto masa. Radiológicamente se observan como masas grandes, largas, lobuladas con hueso homogéneo en la línea entre el tumor y el hueso adyacente. En la anatomía patológica se observa un aumento del tejido fibroso, que el tumor engloba pero no invade el hueso sano y trabéculas ordenadas regularmente. Suele ser de bajo grado de malignidad.
- El osteosarcoma periostal, es más raro que el parostal y se da también en varones de 20-40 años. Respecto a la localización, suele ser diafisario (sobre todo en diáfisis tibial). Clínicamente es más agresivo y radiológicamente se observa una lesión radiolucida con reacción perióstica como borde en cepillo y triángulos de Codman. En la anatomía patológica nos encontramos grado de malignización intermedio y condroblástico.
- El osteosarcoma de alto grado en superficie, es rarísimo, sin diferencias de edad y sexo respecto a los anteriores. Se localiza en metáfisis /diáfisis sobre todo de fémur. Radiológicamente es igual al periostal al principio pero con destrucción de la cortical. En la anatomía patológica es osteoblástico sobre todo.



**Fig. 13.** Osteosarcoma parostal fémur distal (imagen propia)

Las muertes por cáncer debido a neoplasias malignas óseas y articulares representa el 8,9% de todas las muertes por cáncer infantil y adolescente. Las tasas de mortalidad del osteosarcoma han disminuido en aproximadamente 1,3% por año. La tasa de supervivencia general a los 5 años para el osteosarcoma es del 68%, sin diferencia de género significativa. La edad del paciente se correlaciona con la supervivencia, siendo menor en los pacientes mayores. (Ottaviani 2009).

### **Metástasis**

Las metástasis óseas son más frecuentes que los tumores óseos primarios (85%). El 12-25% de los tumores malignos da clínica de metástasis óseas. En el 65% de los casos se detecta primero la metástasis y luego el tumor primitivo. Aparecen en mayores de 45 años (a excepción de las metástasis de neuroblastoma en niños). Prácticamente todos los tumores pueden metastatizar a hueso excepto los tumores primitivos del sistema nervioso central. Los que más metastatizan a hueso (por orden de frecuencia) son (Baixauli 2014):

- Cáncer de mama: 73%
- Cáncer próstata 68%
- Cáncer tiroideo 42%
- Cáncer broncopulmonar 36%
- Cáncer renal 35%

Las metástasis se localizan sobre todo en columna vertebral (80%), también en pelvis, costillas, cintura escapular y pélvica. Muy raros en codo y distal a la rodilla, si aparecen suelen ser de cáncer de pulmón.

Generalmente son poliestóticos. Los monostóticos representan el 10 % y son debidos a cáncer de riñón y tiroides.

La transmisión de la metástasis es sobre todo por vía hematogena (Contreras 2005) y normalmente afectan a huesos que tienen abundante médula ósea que está muy vascularizada. Por eso afectan sobre todo la columna vertebral que posee un aumento de médula ósea roja y además una circulación venosa especial con reflujo venoso desde el sistemas de las cavas al plexo de Batson perivertebral. Si asientan en huesos largos lo hacen cerca de la arteria nutricia.

Las células tumorales se adhieren al endotelio vascular, producen fibrina y aumentan la coagulación sanguínea. Producen la destrucción ósea por: acción directa (aumentan la actividad osteolítica), alteración de la circulación (producen isquemia e hiperemia reactiva) y por las sustancias que produce el tumor (activadores de la inflamación etc.).

En la anatomía patológica se observa un patrón característico formado por células epiteliales con estroma fibroso y a veces con disposición glandular. El tejido óseo reacciona de dos formas, que aunque están mezcladas predomina una de ellas:

- Reacción osteolítica (80%): evolución rápida, imagen radiotransparente en radiografía, normalmente por cáncer de mama, pulmón, tiroides y renal.
- Reacción osteoblástica (20%): evolución lenta, produce menos fracturas patológicas, reacción ósea importante entre los islotes tumorales, imagen radioopaca en radiografía, sobre todo cáncer de próstata.

Algunos cánceres de mama y gastrointestinales tienen un patrón mixto.

Las metástasis producen dolor de tipo inflamatorio que va aumentando con la evolución. En huesos superficiales producen tumefacción y en las metástasis de cáncer renal y de tiroides se produce una masa blanda y dolorosa, a veces pulsátil.

La hipercalcemia es producida por la destrucción ósea y provoca alteraciones gastrointestinales, neurológicas, renales y cardíacas.

Producen afectación del estado general y fracturas patológicas con frecuencia (6-10% de los pacientes con metástasis) sobre todo en columna, cadera y región proximal del húmero.

### 2.2.3. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

#### Diagnóstico por la imagen

La radiografía sigue siendo la prueba de imagen fundamental en el diagnóstico de los tumores óseos. Se debe realizar una radiografía en dos planos y analizar:

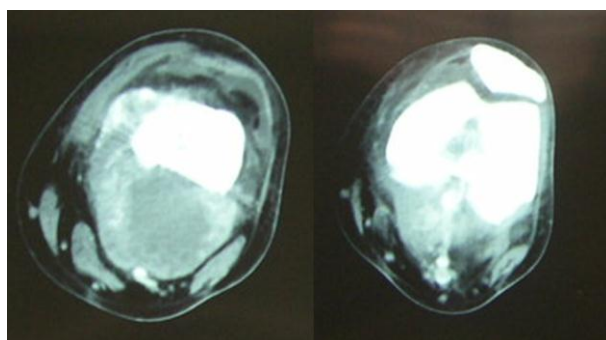
- Número de lesiones óseas
- Las cuatro preguntas de Enneking:
  - Localización
  - Efectos de la lesión en el hueso (crecimiento en hueso e infiltración de partes blandas)
  - Respuesta del hueso a la lesión
    - Bordes:
      - ✓ Geográfico: benignos
      - ✓ Sacabocados: malignos
      - ✓ Permeativo: malignos
    - Expande el hueso sin romperlo
    - Reacción perióstica (rara en tumores benignos y frecuente en los malignos):
      - ✓ Continua
      - ✓ Discontinua (triángulo de Codman)
      - ✓ Compleja (sol radiante)
  - Características especiales (matriz)
    - Apariencia:
      - ✓ Nube: osteoide
      - ✓ Arcos y anillos: calcificación condral
      - ✓ Cristal: fibroso
    - Características especiales de determinados tumores

En general los tumores malignos presentan localización metafisaria, no circunscritos, bordes mal definidos y destruidos (permeativo o en sacabocados), arquitectura interna alterada y poco homogénea y reacción perióstica frecuente (Fig. 14).



**Fig. 14.** Osteosarcoma parostal fémur distal (imagen propia)

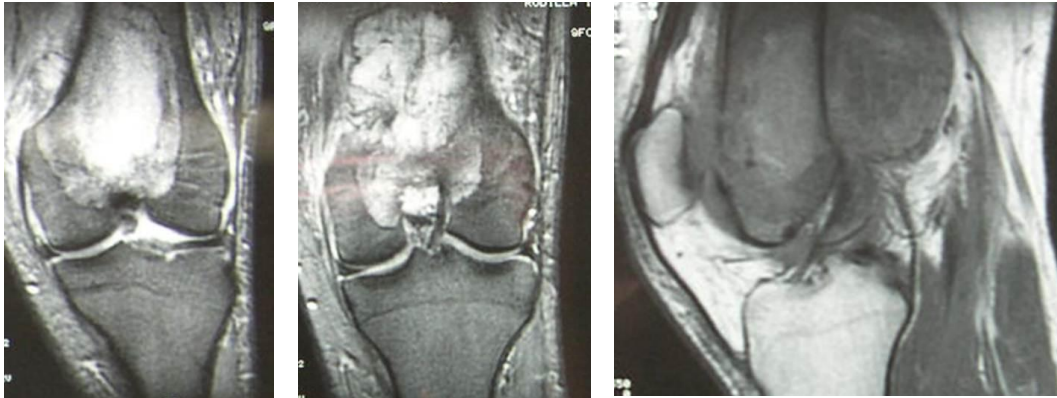
En las lesiones ubicadas en zonas difíciles de visualizar con radiografía, como son el sacro o la escápula, la tomografía axial computarizada (TAC) es la primera alternativa a considerar (Fig. 15). Demuestra las calcificaciones, se aprecia mejor la reacción perióstica y el adelgazamiento endóstico, muy útil cuando la radiografía simple no es concluyente, como hemos comentado anteriormente, y es el método para determinar la extensión y el estadiaje.



**Fig. 15.** TAC osteosarcoma fémur distal (imagen propia)

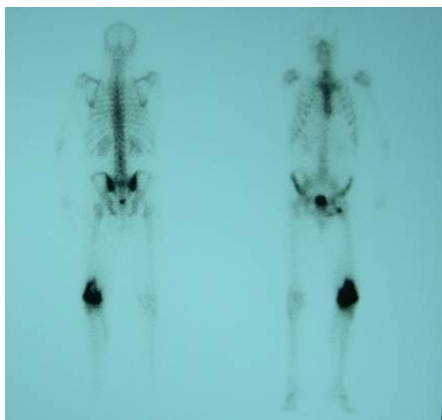
La resonancia magnética nuclear (RMN), es la técnica más útil para apreciar la extensión del tumor (Majó 2010). En T1 detecta la extensión intramedular del tumor y en T2 se aprecia muy bien la extensión a partes blandas (Fig. 16).



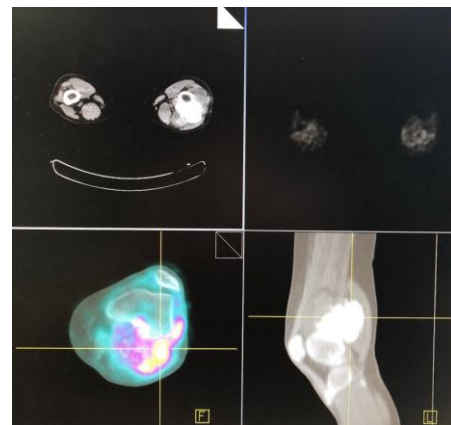


**Fig. 16.** RMN osteosarcoma fémur distal (imágenes propias)

La gammagrafía con difosfonato tecnecio-99 ( $Tc^{99}$ ) se fija en cualquier proceso que aumente la formación ósea (Fig. 17). La gammagrafía con citrato de galio-67 ( $Ga^{67}$ ), se fija a células funcionantes que se dividen muy activamente. Las funciones principales de la gammagrafía son: rastrear tumores ocultos, buscar metástasis y evaluar la actividad del tumor tras el tratamiento.



**Fig. 17.** Gammagrafía con Tc 99, rastreo óseo osteosarcoma fémur distal (imagen propia)



**Fig. 18.** PET-TAC osteosarcoma fémur distal (imagen propia)

La tomografía de emisión de positrones de fluorodesoxiglucosa (FDG-PET) (Abraham 2014) se utiliza en el screening de las metástasis y para valorar la eficacia de los tratamientos estudiando la tasa metabólica de la lesión pre y postratamiento.

La tomografía de emisión de positrones con sodio F18 (Abraham 2014), se utiliza para la detección de metástasis óseas y para detectar lesiones osteolíticas u osteoblásticas con más sensibilidad que la gammagrafía con Tc-99.

### **Pruebas de laboratorio**

Destacamos las siguientes determinaciones (Ferrández 2010):

- Velocidad de sedimentación globular (VSG): aumenta de forma moderada, aunque puede estar muy elevada en osteosarcoma, sarcoma de Ewing y mieloma múltiple.
- Fosfatasa alcalina (FA): aumenta en los tumores de la serie osteoblástica (formadores de hueso), sobre todo en osteosarcoma, sarcoma de Ewing y metástasis osteoblásticas, donde sirve como marcador del control evolutivo del tumor resecado).
- Fosfatasa ácida: aumenta de forma específica en las metástasis del cáncer de próstata.
- Calcemia y fosforemia: sólo se alteran en tumores osteolíticos (metástasis).
- Lactato deshidrogenasa (LDH): aumenta en el sarcoma de Ewing.
- Anemia hipocrómica.
- Disproteïnemia, hipoproteïnemia o hiperproteïnemia (mieloma múltiple).
- Citometría de flujo: mide el contenido de ADN de la muestra (osteosarcomas y condrosarcomas de alto grado).
- Inmunohistoquímica: por ejemplo sarcoma de Ewing CD99+ (Chakrabarti 2015).

### **Biología molecular**

Algunos tumores óseos y del sistema musculoesquelético han sido asociados con defectos en los genes supresores de tumores o en otros genes específicos.

El osteosarcoma ha sido asociado a un bajo nivel del retinoblastoma (RB) y del gen TB53. Algunos rhabdomiosarcomas también se han asociado a niveles bajos del gen TB53 (Xu 2017).

En otros casos se han encontrado traslocaciones de genes, por ejemplo, en el sarcoma de Ewing (11:22) y en algunos sarcomas de tejidos blandos como el liposarcoma mixoide (12:16), sarcoma sinovial (X:18) y el rhabdomyosarcoma (2:13).

Actualmente se están investigando supresores tumorales, como por ejemplo la proteína 1<sup>a</sup> (ARID1A) en el osteosarcoma con resultados esperanzadores (Xu 2017).

### **Biopsia**

Es necesaria para el diagnóstico definitivo y puede ser de dos tipos: cerrada y abierta. La biopsia cerrada se realiza mediante punción con aguja guiada con TC o ecografía. Es menos traumática y tiene menos posibilidad de diseminación, pero tiene como inconvenientes que a veces no puede llegar a la tumoración y que se obtiene escasa cantidad de tejido, la seguridad diagnóstica es del 70-80%. Normalmente se realiza con trócar (hasta 3,5 cm. de diámetro, ya que la PAAF (punción aspiración con aguja fina) sólo extrae material para estudio citológico por lo que no es útil en tumores óseos, sólo en metástasis de adenocarcinoma.

La biopsia abierta puede ser incisional o excisional. La biopsia incisional extirpa un trozo de la tumoración y la excisional extirpa todo el tumor. Tiene riesgo de producir diseminación y recidivas locales y puede dificultar la resección posterior amplia del tumor.

La biopsia ideal para el osteosarcoma es la punción con trócar bajo control de radioscópico (Majó 2010).

### **2.2.4. CLASIFICACIONES**

#### **Clasificación de Enneking (MSTS)**

El sistema más utilizado es el de Enneking (1980) adaptado por la Sociedad de Tumores Musculoesqueléticos norteamericana (MSTS: *Musculoskeletal Tumor Society*) (Enneking 1986; Aboulafia 2014), que clasifica la presentación con arreglo a 3 criterios: malignidad, localización y metástasis (Tabla 1).

**Tabla 1.** Clasificación de tumores malignos (Enneking 1983)

Tipo	Malignidad	Comportamiento	Clasificación		
IA	Bajo grado	Intracapsular	G1	T1	M0
IB	Bajo grado	Extracapsular	G1	T2	M0
IIA	Alto grado	Intracapsular	G2	T1	M0
IIB	Alto grado	Extracapsular	G2	T2	M0
IIIA	Cualquier grado	Intracapsular + Metástasis	G1 ó G2	T1	M1
IIIB	Cualquier grado	Extracapsular + Metástasis	G1 ó G2	T2	M1

- Grado histológico de malignidad (G). Está basado en la anaplasia celular (pérdida de diferenciación), en el pleomorfismo (variación de tamaño y formas entre ellas) y en la hiper cromía nuclear (aumento del material del núcleo):

- G0: benigno.
- G1: maligno de bajo grado.
- G2: maligno de alto grado.

- Localización del tumor (T):

- T0: intracapsular.
- T1: intracompartimental (extracapsular).
- T2: extracompartimental (extracapsular).

- Presencia de metástasis (M):

- M0: no metástasis.
- M1: presencia de metástasis.

A su vez, y con criterio terapéutico y pronóstico, existen dos sistemas de clasificación, uno para tumores benignos y otro para tumores malignos.

### **Clasificación de la Comisión contra el Cáncer**

Otro método de clasificación utilizado es el sistema de la *American Joint Commission on Cancer (AJCC system)* (Aboulaflia 2014), mostrada en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación de la AJCC (Aboulaflia 2014)

Estadio	Grado histológico	Tamaño	Localización (relativa a la fascia)	Enfermedad metastásica o diseminada
IA	Bajo	< 5cm	Superficial o profundo	No
IB	Bajo	≥5cm	Superficial	No
IIA	Bajo	≥5cm	Profundo	No
IIB	Alto	< 5cm	Superficial o profundo	No
IIC	Alto	≥5cm	Superficial	No
III	Alto	≥5cm	Profundo	No
IV	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Sí

### 2.2.5. MÉTODOS DE TRATAMIENTO

El tratamiento de los tumores musculoesqueléticos debe ser multidisciplinar (Biazzo 2016) entre Traumatología, Radiología, Oncología, Medicina Nuclear, Anatomía Patológica, Rehabilitación, Psicología Clínica, Cirugía Plástica y en ocasiones Cirugía Vasculat.

#### Procedimientos quirúrgicos

Generalizando, hay tres tipos de procedimientos quirúrgicos:

- Resección intralesional: a través del tumor. Con este método los tumores malignos recidivan en un 100%.
- Resección marginal: por la zona reactiva de crecimiento del tumor. Los tumores malignos recidivan 25-50%.
- Resección amplia: resección del tumor entero dejando un manguito de tejido normal. Los tumores malignos recidivan en un 10%.
- Resección radical: extirpar todo el tumor y su compartimento.

Los tumores malignos de alto grado deben researse con un margen de 5 cm por encima y por debajo del último nivel medular detectado en TC o RMN, a excepción de las articulaciones donde el cartílago articular hace de barrera anatómica.

Aunque actualmente se tiende a una cirugía conservadora y reconstructiva de la extremidad (Tan 2012), los criterios de amputación oncológica (Die 2003) de una extremidad son los siguientes:

- Por las características locales del tumor:
  - Cirugía previa que disemine extracompartimentalmente la tumoración.
  - Afectación cutánea extensa especialmente si se acompaña de ulceración.
  - Afectación de partes blandas que se consideren irreseccables por la grave alteración funcional de la extremidad.
  - Afectación de elementos vasculares o nerviosos vitales para la extremidad. La afectación nerviosa es el principal motivo de amputación.
- Por la localización anatómica del tumor:
  - El hueso poplíteo o la articulación tibio-peronea superior si no es posible obtener resección con márgenes de seguridad.
  - Tumores de alto grado en pie o en el tercio distal de la pierna.
- Por la edad.
  - Si la resección conlleva gran disimetría.
  - Pacientes ancianos.
- Recidivas sobre la cirugía previa.
- Complicaciones en la evolución local de un tumor en tratamiento:
  - Infección sobre injerto o artroplastia.
  - Distrofia consecutiva a radioterapia.
  - Complicaciones previas a la quimioterapia.
- Imposibilidad de reconstrucción.

## **Radioterapia**

El osteosarcoma no suele ser radiosensible (Biazzo 2016). Solo se usa en: sarcoma de Ewing, linfoma, mieloma, metástasis (Baixauli 2014), sarcomas de partes blandas y tumores inoperables.

La radioterapia puede originar, a su vez, un sarcoma postirradiación y fracturas de estrés tardías sobre todo en región subtrocantérea y diáfisis de fémur.

## **Quimioterapia**

Los avances en la quimioterapia han hecho que aumente la supervivencia de estos tumores (Corr 2017; Majó 2010). Se denomina neoadyuvante cuando se administra de forma preoperatoria para disminuir el tamaño del tumor, y adyuvante cuando se dispensa de forma intra o postoperatoria.

La quimioterapia neoadyuvante es útil sobre todo en: sarcoma de Ewing y sarcoma osteogénico. Se administra una poliquimioterapia preoperatoria durante seis meses, después nuevo estadiaje y cirugía. Posteriormente se administra un nuevo ciclo de poliquimioterapia durante tres-cuatro meses. Con este plan se obtiene una tasa de supervivencia del 60-70% a los 5 años (Walczak 2013).

Los fármacos usados clásicamente en el tratamiento del osteosarcoma son doxorubicina, cisplatino y metotrexate (Walczak 2013). Se está estudiando la eficacia de añadir etopósido e ifosfamida en aquellos tumores que han tenido una pobre respuesta al tratamiento inicial. Estudios recientes demuestran que las células de osteosarcoma son resistentes in vitro a metotrexate y sensibles a cisplatino y doxorubicina (Dos Santos 2017). El trastuzumab es un anticuerpo monoclonal en estudio para el manejo del osteosarcoma metastásico (Walczak 2013). Recientemente, se está estudiando la combinación de adenosumab y sorafenib para los osteosarcomas resistentes a quimioterapia. (Coventon 2017).

## **2.3. OPCIONES QUIRÚRGICAS ACTUALES**

El aumento en la supervivencia de los pacientes con osteosarcoma, hace necesario el estudio sobre el impacto en la calidad de vida y en la función tras las diferentes opciones terapéuticas. Los objetivos de la resección quirúrgica son la extirpación completa del tumor con márgenes amplios y el menor compromiso funcional posible, lo que habitualmente se consigue con resecciones intracompartimentales por tejido sano. Cuando el margen es tejido muscular o adiposo debe de ser mayor que cuando se interpone una fascia, el epineuro o una vaina muscular. Cuando los márgenes amplios no son posibles sin sacrificar estructuras neurovasculares mayores, el salvamento del miembro debe evaluarse frente a la conveniencia de una amputación (Aboulafia 2014).

Actualmente, existen técnicas no funcionales, como la amputación o la artrodesis y técnicas funcionales de reconstrucción articular, con megaprótesis y aloinjertos. El salvamento de la extremidad es el tratamiento preferido. Los avances en las técnicas quirúrgicas, en las megaprótesis y en el banco de huesos, han permitido el desarrollo de las técnicas reconstructivas para salvar la extremidad y mantener la función (Capanna 2011). La cirugía de rescate de las extremidades mediante endoprótesis, aloinjertos y aloprótesis se realiza aproximadamente en el 85% de los pacientes afectados por osteosarcoma de fémur distal. Sin embargo, es cuestionable la durabilidad a largo plazo de los implantes y su función, en ocasiones, ambigua. Además, la alta tasa de reintervención sigue siendo un grave problema y es complicado recambiar las megaprótesis especialmente con vástago intramedular cementado.

### **2.3.1. TÉCNICAS NO FUNCIONALES**

#### **Amputación**

Debido a la rápida y agresiva naturaleza del osteosarcoma, el manejo estándar en el pasado era la amputación de la extremidad. Sin embargo, el avance de la quimioterapia y radioterapia en las últimas tres décadas, ha hecho que el pronóstico de los pacientes con osteosarcoma haya cambiado drásticamente (Kamal 2016).

Actualmente la indicación de amputación ha quedado relegada para casos inoperables y seleccionados. El tratamiento de las recidivas genera controversia, aunque es aceptado que la cirugía es el pilar del tratamiento.

En general, se acepta que si la cirugía de reconstrucción se lleva a cabo en un centro oncológico especializado, no hay detrimento de la supervivencia. Además, la amputación y la cirugía de salvamento del miembro, proporcionan resultados similares en función y calidad de vida en los pacientes con osteosarcoma (Solooki 2017; Mei 2014).

La supervivencia de pacientes con cirugía de salvamento de la extremidad es similar comparado con la amputación, a pesar de que la incidencia de recidiva local es mayor en el grupo que conserva el miembro (Kamal 2016; Grimer 2002). Para las recidivas locales no siempre es necesaria la amputación, una nueva



cirugía con márgenes de seguridad seguida de radioterapia resulta una buena opción (Grimer 2002).

La mayor desventaja en cuanto a calidad de vida es dejar al paciente con la necesidad de por vida de una prótesis externa. Sin embargo, algunos autores han encontrado que la calidad de vida en términos de función, resultados psicológicos, matrimonio y empleo, no difieren significativamente entre pacientes amputados y no amputados (Ottaviani 2009) Por otro lado, diversos metaanálisis encontraban que aunque la amputación era menos aceptada psicológicamente que la reconstrucción, los resultados funcionales eran muy similares (Busse 2007; Akula 2011).

### Artrodesis

La artrodesis consiste en bloquear completamente la movilidad de una articulación provocando una anquilosis en posición funcional. El objetivo principal de la artrodesis de rodilla es obtener una extremidad inferior estable e indolora con el inconveniente de la pérdida de movilidad de la rodilla. Actualmente las artrodesis en cirugía tumoral son poco frecuentes, dado el protagonismo que han adquirido las técnicas reconstructivas (Mattei 2014). La técnica se ha convertido en una indicación excepcional para casos seleccionados de varones jóvenes que quieren desarrollar una actividad física importante de tipo profesional o deportiva, o cuando existe un riesgo infeccioso elevado.

**Tabla 3.** Indicaciones y contraindicaciones de la artrodesis de rodilla (Bruno 2017)

Indicaciones	Contraindicaciones
Déficit aparato extensor	Amputación de rodilla contralateral
Déficit de cobertura tejidos blandos	Artrodesis de rodilla/cadera contralateral
Pérdida masiva ósea	Cambios degenerativos ipsilaterales de cadera/tobillo
Infección recurrente/severa	Espondiloartrosis severa
Artropatía de Charcot	Riesgo vital por infección
Secuelas de poliomielitis	

Los resultados funcionales, salvo la inmovilización articular, suelen ser buenos (Kwan 2005; Conway et al 2004). Pring et al (1988) comunicaron un menor gasto energético en pacientes con artrodesis que en aquellos con amputación por debajo de la rodilla, con una sobrecarga significativamente menor en la articulación de la cadera y de la columna vertebral.

Actualmente, la artrodesis se realiza mediante enclavado intramedular (Senior 2008; Mabry 2007; Bargiotas 2006; Incavo 2000; Arroyo 1997; Donley 1991), con una tasa de fusión ósea del 67% al 100% a pesar de que a menudo es necesario el injerto. La fijación externa es una alternativa al clavo intramedular con una tasa de fusión del 43% al 100% (David 2001; Garberina 2001). Algunos autores reportaron un incremento de la tasa de fusión utilizando injerto vascularizado de peroné pero este gesto hace complicada la intervención (Shalaby 2006). El mayor inconveniente, además de la falta de fusión, es la infección con tasas del 19% (Kwan 2005; Campanacci 1979).

### **2.3.2. TÉCNICAS FUNCIONALES DE RECONSTRUCCIÓN ARTICULAR**

#### **Aloinjerto**

Se define “aloinjerto” como el hueso transferido entre individuos genéticamente diferentes pero de la misma especie. (Zárate-Kalfópulos 2006, Gil 2001). El proceso de incorporación de un injerto óseo es un mecanismo complejo que se divide en tres fases (Zárate-Kalfópulos 2006):

- Fase temprana (1-3 semanas): osificación membranosa en la zona adyacente a la cortical ósea y la conversión del hematoma postoperatorio en estroma fibroblástico alrededor del injerto.
- Fase intermedia (4-5 semanas): incorporación y remodelación del injerto con una zona central cartilaginosa y osificación encondral alrededor de la misma.
- Fase tardía (6-10 semanas): mayor cantidad de médula ósea en formación de hueso cortical alrededor de la zona central y remodelación ósea.

Una de las controversias que existe es si tras este proceso, los aloinjertos óseos acaban revitalizándose, y convirtiéndose en hueso con propiedades biomecánicas y reparativas como el hueso normal no trasplantado.

El primer trasplante óseo dentro del ámbito científico del que se tiene constancia, fue realizado por un cirujano holandés llamado Job van Meekeren en 1668, que trasplantó con éxito el cráneo de un perro a un defecto craneal de un soldado (Vicario 2004).

En 1881 Macewen publicó el primer caso conocido de trasplante óseo en un defecto de tercio proximal de húmero en una niña de 4 años. (Vicario 2004).

En 1951, el profesor Sanchís Olmos creó en España el primer banco de huesos en el Hospital Provincial de Madrid (Vicario 2004), empleando huesos provenientes de amputaciones y fue a comienzos de los sesenta cuando empezaron a aparecer series de casos de reconstrucción con aloinjertos tras la constatación empírica de que la congelación y descongelación de los mismos reducía significativamente la respuesta inmune.

Los aloinjertos suelen ser obtenidos en condiciones estériles y conservarse congelados a diversas temperaturas sin ninguna esterilización adicional o bien, pueden ser sometidos a diversos procesos de esterilización como la radiación gamma, el óxido de etileno y el autoclavado, para luego ser conservados en mediante congelación o liofilización (Vicario 2004). Dichos procesos son llevados a cabo en los Bancos de Huesos.

### Procesos de esterilización

Irradiación gamma: probablemente es el método de esterilización más usado en el mundo. Los rayos gamma destruyen eficazmente el riesgo de contaminación bacteriana y por hepatitis, pero son menos eficaces para el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). Los bancos de huesos suelen utilizar de 15-35 KGy (Attia 2017). Por otro lado, la irradiación gamma sobre los injertos ha demostrado tener efectos deletéreos dosis-dependiente para sobre las propiedades mecánicas y biológicas de los aloinjertos. En el hueso cortical reduce la elasticidad, la resistencia a la torsión y aumenta la producción y propagación de microfracturas (Harrell 2018). Sin embargo, los aloinjertos de hueso esponjoso han demostrado buena resistencia, manteniendo sus propiedades.

Óxido de etileno: su mecanismo de actuación consiste en la inactivación química de microorganismos, incluyendo el VIH y en general es considerado mejor que la radiación gamma para la descontaminación superficial (Vicario 2004). Sin embargo, su uso para la esterilización de aloinjertos óseos es controvertido (Lucas 2017), debido por una parte a la persistencia de gas en el tejido implantado y por otra, a la obstaculización de la capacidad osteoconductora y osteoinductora del aloinjerto.

Autoclavado (Autoclave): esta técnica se basa en el tratamiento por calor de los injertos óseos y sus ventajas son: la alta sensibilidad del VIH y de otros virus a las altas temperaturas, la facilidad de empleo y la posibilidad de conservar inserciones tendinosas y ligamentosas. Como principales inconvenientes se encuentran, el hecho de que no hay consenso establecido sobre el protocolo a emplear (Anto 2017), algunos autores indican 135<sup>o</sup> entre 10 y 30 min y otros indican 60-80<sup>o</sup> (Vicario 2004) y que los aloinjertos pierden todas sus propiedades mecánicas por lo que no se pueden utilizar con injertos estructurales.

### Técnicas de conservación

Existen 2 métodos de conservación para los aloinjertos óseos:

- Congelación: congeladores eléctricos (-60<sup>o</sup> a -80<sup>o</sup>) o en nitrógeno líquido (-160<sup>o</sup> a -180<sup>o</sup>)
- Liofilización

Congelación: la congelación no parece influir en las propiedades mecánicas o biológicas del Aloinjerto (Gil 2001) y disminuye la antigenicidad del injerto. Aunque existe controversia sobre el tiempo máximo que pueden mantenerse los aloinjertos crioconservados, parece ser que el periodo recomendable máximo es de 3 años (Vicario 2004). La relación de este tipo de injertos con la infección postoperatoria no está del todo aclarada (Man 2016), sin embargo se recomienda el uso de aloinjertos congelados o liofilizados con antibióticos para la profilaxis de la infección ósea (Coraca-Huber 2016).

Liofilización: la liofilización consiste en la eliminación del agua de un tejido previamente congelado (-30<sup>o</sup>) y su conservación al vacío. La principal ventaja es que puede almacenarse a temperatura ambiente siempre que el envase se mantenga al vacío. Como inconveniente de esta técnica, destacar que altera las

propiedades mecánicas del aloinjerto, disminuyendo la resistencia a la torsión y la flexión (Vicario 2004, Gil 2001). La principal discusión sobre el empleo de aloinjertos está centrada en la posibilidad de transmisión del VIH y de otros virus como hepatitis B y C, y la dificultad fundamental radica en que existe un periodo inicial de viremia en el que los niveles del virus son indetectables por las pruebas diagnósticas disponibles. Actualmente la mayoría de los autores coinciden en que el riesgo para la transmisión de enfermedades virales en aloinjertos se situaría en torno al uno por millón (Vicario 2004, Gil 2001, Ehrler 2000, Boyce 1999).

### **Aloinjerto osteoarticular**

Los aloinjertos articulares ofrecen ventajas muy atractivas como son la capacidad de sustituir los ligamentos, tendones y estructuras intraarticulares.

Bus et al (2017) comunicaron una tasa de fallo del injerto del 53%, principalmente un 39% por complicaciones mecánicas y 9% debido a infección. Las tasas globales de fracaso, fractura e infección fueron 27%, 20% y 10%, respectivamente. Para Wunder et al (2001) la tasa de fallo era del 55%, por infección y fracturas, aunque la extremidad se salvó en el 64%. En la serie de Colangeli et al (2007) de 18 pacientes, el mayor problema fue el balance de las partes blandas, respecto a inestabilidad de la rodilla y rotura del tendón patelar.

Las reconstrucciones con aloinjerto osteoarticular están asociadas con altas tasas de complicaciones mecánicas (Campanacci 2015). Alrededor del 25-35% de los pacientes tratados con aloinjerto osteoarticular requieren cirugía a largo plazo debido a los cambios degenerativos de la superficie articular del aloinjerto (Verbeek 2017). Aunque los estudios comparativos son escasos, el alto riesgo de fallo mecánico parece no justificar su uso sistemático (Bus 2017).

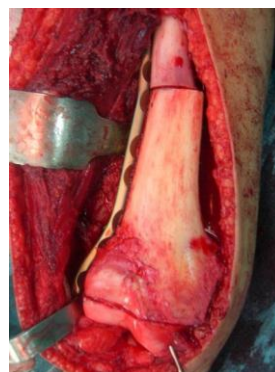
### **Aloinjerto intercalar con conservación de la fisis**

La resección intercalar del tumor con preservación de la epífisis y la articulación de la rodilla, es una alternativa en pacientes jóvenes cuyo tumor no afecta la epífisis (Weitao 2012; Muscolo 2004; Tsuchiya 2002). Esta técnica es posible en pacientes seleccionados, gracias a los avances en las pruebas de imagen que permiten establecer el margen sano y el plano de resección (Han 2012; Hoffer

2000). Si el paciente no responde a la quimioterapia neoadyuvante, esta técnica está contraindicada (Figs. 19-20).



**Fig. 19.** Resección intercalar de tibia (producción propia)



**Fig. 20.** Aloinjerto intercalar de fémur respetando fisis y osteosíntesis con placa (producción propia)

Este procedimiento mantiene la función normal de la articulación y obvia algunas complicaciones de los injertos articulares y de las endoprótesis. Unos autores refieren recurrencia local del 9% (Krieg 2007; Aponte-Tinao 2012; Hanna 2010), con un porcentaje de salvamento de la extremidad del 97% (Muscolo 2004). Sin embargo, los estudios oncológicos a largo plazo son escasos y el problema del aumento de la recurrencia local no ha sido todavía aclarado (Aponte-Tinao 2015).

Por otro lado, se han descrito complicaciones con necesidad de reintervención en el 54% de los pacientes (Aponte-Tinao 2015). Las principales complicaciones fueron la infección de hasta 7% (Weitao 2012), pseudoartrosis (Weitao 2012; Aponte-tinao 2015; Krieg 2007) y fracturas comunicadas de hasta 31% (Krieg 2007; Hanna 2010; Aponte-tinao 2015). Diversos autores refieren una función elevada medida con MSTs, del 85% al 90% (Krieg 2007 Hanna 2010 Aponte-Tinao 2012).

### **Megaprótesis**

La cirugía de salvamento de la extremidad mediante reemplazo protésico es la técnica actualmente más utilizada para la mayoría de los tumores malignos o localmente agresivos cercanos a una articulación, de los cuales el 50% aparecen alrededor de la rodilla (Albergo 2017). La reconstrucción con endoprótesis permite cargar peso en las primeras semanas y una recuperación funcional y de la movilidad de la rodilla relativamente rápida.

La posibilidad de una cirugía protésica en la rodilla depende de la ausencia de invasión del pedículo vasculonervioso. La vía de abordaje debe permitir en primer lugar el control del pedículo (arteria femoral profunda, bifurcación del nervio ciático), lo que explica la elección preferente de una vía anteromedial que permita a la vez la disección del pedículo y la conservación parcial del aparato extensor. La resección debe ser amplia, respetando una capa de músculo sano en la periferia del tumor y efectuando una resección ósea alejada al menos 2 cm del límite de la invasión medular definida con resonancia magnética (RMN).

Aunque inicialmente se emplearon prótesis convencionales, la mayoría de autores prefieren las actuales prótesis específicas para cirugía tumoral, conocidas como megaprótesis. La diferencia respecto a una prótesis convencional es que presenta componentes añadidos para sustituir las amplias resecciones óseas necesarias en los tumores. Esos componentes adicionales pueden ser fijos (megaprótesis monobloque) o modulares para adaptarlos específicamente a las resecciones realizadas en cada caso particular.

Dada la necesidad de estabilizar la rodilla en ausencia de partes blandas, prácticamente todas ellas son constreñidas con un mecanismo que ensambla ambos componentes femoral y tibial. Este mecanismo de ensamble puede ser en bisagra fija (permite solo la flexo-extensión) o mediante un tutor rotacional (además permite discretas rotaciones). Las megaprótesis de bisagra fija producen grandes solicitaciones mecánicas sobre los componentes, con la consiguiente posibilidad de aflojamiento. Las de mecanismo rotatorio (*rotating hinge prosthesis*) permiten movimientos más fisiológicos y potencialmente reducen las demandas sobre el anclaje y los componentes (Langlais 2009; Choong 1996).

Las primeras megaprótesis de rodilla fueron monobloques. Tenían suplementos incorporados con lo que las resecciones óseas debían adaptarse al tamaño de aquellos. Así los modelos Custom (Howmedica, EE.UU.), Guepar (Benoit, Francia) o Stanmore (Stanmore Imp, Inglaterra), todos de bisagra fija, con articulación metal-metal y con componentes cementados (Cortés-Rodríguez 2009).

Con los avances en biomecánica y tecnológicos se avanzaron en los diseños, siendo actualmente los más utilizados como megaprótesis tumorales los sistemas modulares, como Megasystem-C (Link, Alemania), OSS (Orthopaedic Salvage System (Biomet, EE.UU.), MUTARS (Modular Universal Tumor and Revision

System, Implantcast, Alemania), KMFTR (Kotz Modular Femoral Tibial Resection system, Howmedica-Stryker, Inglaterra) o GMRS (Global Modular Replacement System, Stryker, EE.UU.).



**Fig. 21.** Prótesis tumorales. A) Prótesis Endomodel WaldermarLink de bisagra y rotacional. B) Prótesis OSS de Biomet. C) Radiografía de prótesis OSS (producción propia)

Respecto a la fijación, pueden ser cementadas o no cementadas, ambas con ventajas e inconvenientes. Las cementadas presentan una fijación inmediata, pero dada la longitud de los vástagos es difícil el completo relleno con cemento de la cavidad medular. El aflojamiento de los vástagos es inferior al 10% (Langlais 2009). El cemento permite la adición de antibióticos y su paulatina difusión, reduciendo potencialmente el riesgo de infección (Lee 2002). Las prótesis no cementadas están aumentando su utilización, principalmente debido a la mayor facilidad de extracción en caso necesario. Su mayor inconveniente es que en caso de contacto del extremo del vástago en el endostio pueden provocar dolor (sobre todo en la tibia) y resorción conocida como *stress shielding* (Langlais 2009, Capanna 1994).

Las causas del fallo de las megaprótesis se ordenan habitualmente, según la clasificación de Henderson (Henderson 2011): 1) fallo de los tejidos blandos; 2) aflojamiento aséptico; 3) fallo estructural; y 4) infección. La principal causa de fallo es la complicación mecánica por aflojamiento de los componentes, que puede alcanzar entre el 18% y el 59% (Capanna 2015; Morgan 2006; Pala 2015) a los 5 años, sobre todo a nivel tibial (Albergo 2017; Bus 2017; Toepfer 2017). Otra gran complicación es la infección profunda que obliga a la retirada de la prótesis, con



una tasa de 10-14% (Albergo 2017; Bus 2017; Pala 2015; Mavrogenis 2012; Ilyas 2001) y complicaciones cutáneas del 6% (Bus 2017).

La recurrencia local es del 6% (Niimi 2012). Funcionalmente, los resultados son menores que con una prótesis convencional dada la necesaria resección de partes blandas, aunque moderadamente satisfactorios con puntuaciones MSTTS del 89% (Asavamogkolkul 2007).

**Tabla 4.** Complicaciones más frecuentes en megaprótesis

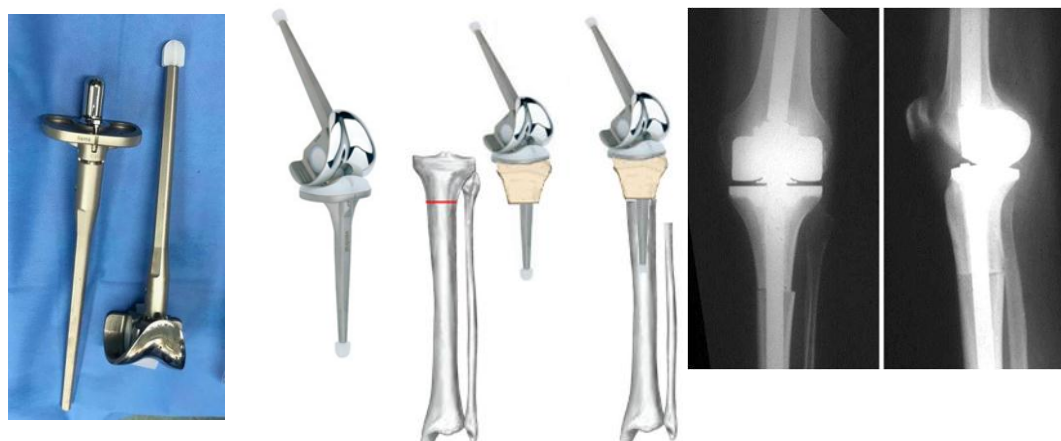
Autores	Fallo mecánico	Infección
Albergo 2017	18% (a los 5 años)	10%
Bus 2017	16,9% (a los 5 años)	13%
Toepfer 2017	40 % (17,8% aflojamiento aséptico)	13,3%
Pala 2015	5,6 % aflojamiento aséptico	9,3%
Capanna 2015	59,2% (3% aflojamiento aséptico)	8,5%
Bi 2013	2% luxación, 3% rotura	6%
Mavrogenis 2013	6% aflojamiento aséptico	12%
Niimi 2012	11,1% aflojamiento aséptico	4,8%
Asavamogkolkul 2007	6,7% (3,3 aflojamiento aséptico)	-
Morgan 2006	56%	-
Plötz 2002	15% rotura del vástago	3%
Ilyas 2001	4,8%	14,6%

### Aloprótesis

La reconstrucción se puede llevar a cabo mediante una megaprótesis completa o mediante una aloprótesis (Capanna 2011, Gilbert 2009, Malawer 1989). La aloprótesis es la combinación de un injerto de banco de tibia proximal o de fémur distal, según el caso, sobre el que se implanta el componente correspondiente de la megaprótesis (Fig. 22).

En la tibia proximal se puede considerar uno de los mejores métodos de reconstrucción, ya que combina la estabilidad de la prótesis con la reconstrucción biológica del aparato extensor si al aloinjerto está unido el tendón rotuliano (Donati 2008).

Cuando el defecto óseo tras la resección es sustituido por un aloinjerto, en lugar de una megaprótesis con suplementos, se utiliza una prótesis en bisagra convencional, como la Endo-Model rotacional (Link, Alemania). La prótesis suele ser insertada en el aloinjerto fuera del campo quirúrgico, y luego implantada mediante el vástago intramedular en la diáfisis tibial, teniendo la opción de cementarlo o no cementarlo. La escala utilizada para la valoración de la osteointegración de los aloinjertos no vascularizados es ISOLS (International symposium on Limb Salvage; Glasser 1991).



**Fig. 22.** Prótesis Endo-Model (Link). Esquema de montaje de una aloprótesis (producción propia)

La complicación más frecuente (Tabla 5) es la infección de hasta el 24% (Campanacci 2015; Donati 2008; Capanna 2011). En tibia proximal, estudios previos referían buenos resultados funcionales (Farid 2006) pero también una inaceptable tasa de fracasos mecánicos y sépticos (Biau 2007, Donati 2008). Sin embargo esos estudios utilizaban injertos de cadáver esterilizados con radiación gamma, la cual conducía a la pérdida de propiedades mecánicas del injerto (Biau 2007, Hernigou 1993) con elevada tasa de fracasos e infección (Wunder 2001). Por el contrario, otros estudios han recomendado su uso refiriendo una razonable tasa de complicaciones, función y supervivencia utilizando aloinjertos

frescos crioconservados sin irradiación (Gilbert 2009; Farfalli 2013; Campanacci 2015; Müller 2016) o injertos pasteurizados (Song 2012).

**Tabla 5.** Complicaciones en aloprótesis

Autores	Tipo injerto	Infección	Supervivencia del implante	No consolidación
Biau 2007	Radiación gamma	6 de 26	102 meses	6 de 26
Gilbert 2009	crioconservados sin irradiación	2 de 12	100% seguimiento 30-110 meses	0, aunque 3 consolidación parcial
Donati 2008	crioconservados sin irradiación	12 de 62 pacientes	75% a los 5 años	8 pacientes (12,9%)
Song 2012	Pasteurizados	25-28%	68.7 ± 20.1 % a los 10 años	0
Farfalli 2013	crioconservados sin irradiación	8 de 93	70% a los 5 años 61% a los 10 años	-
Campanacci 2015	crioconservados sin irradiación	1 de 19	68 meses (6-188 meses)	2 de 19
Wang 2015	Irradiados Autoinjerto Fresco congelado en nitrogeno	-	31-78 meses	4,88%
Müller 2016	crioconservados sin irradiación	-	94% a los 10 años	

En un estudio comparativo, Müller et al (2016) refiere una supervivencia del implante a los 10 años del 79% con megaprótesis modular y del 94% con aloinjerto y prótesis, no habiendo diferencias significativas entre ambas en los resultados funcionales. En la serie de Gilbert et al (2009), 9/12 pacientes presentaron integración completa del aloinjerto y 3 integración parcial, mientras en la de Campanacci et al (2015), de 19 pacientes 2 tuvieron no-unión del injerto y 6 fractura del mismo.

Los resultados funcionales son moderadamente satisfactorios, excelentes o buenos en el 50% de los pacientes (Campanacci 2015; Capanna 2011) y satisfactorios en el 90% (Donati 2008). En pacientes con alta demanda funcional sin otros factores de riesgo, la aloprótesis proporciona el mejor resultado funcional posible para el mecanismo extensor (Müller 2016) y en niños o adolescentes jóvenes representa una alternativa a la megaprótesis o al aloinjerto osteoarticular (Campanacci 2015).

### **2.3.3. RECONSTRUCCIÓN DEL APARATO EXTENSOR**

La resección y reconstrucción de los tumores de tibia proximal supone un desafío importante a la hora de reconstruir el aparato extensor (Hobusch 2016). El compromiso de la extensión activa es frecuente tras los procedimientos de reconstrucción con megaprótesis, por lo que la competencia del aparato extensor se considera un determinante importante en la función de la rodilla (Holzapfel 2011; Bickels 2001).

Los diferentes métodos utilizados en la reconstrucción del aparato extensor son: 1) la re inserción simple, con fijación directa del tendón rotuliano a la prótesis; 2) la sustitución mediante colgajos musculares y aloinjertos; 3) las técnicas combinadas (Hobusch 2016; Holzapfel 2011). En la utilización de aloinjerto del aparato extensor, los factores principales de la cirugía son (Springer 2008): fijación rígida del aloinjerto en el sitio de unión, cobertura con tejidos-colgajo autólogo para reducir el riesgo de infección, tensionar el injerto en extensión completa y no probar la reparación.

#### **Tendones sintéticos**

Hasta la fecha, la experiencia con el uso de implantes textiles (plastia de poliéster trenzado) es limitada (Hobusch 2016, Ji 2013, Dominikus 2006, Gosheger 2001). El más utilizado es el LARS (*Ligament Advanced Reinforcement System*, Corin, Inglaterra). Es un ligamento artificial no reabsorbible de fibras de poliéster con gran resistencia a la tracción (Hobusch 2016). Estudios in vitro han demostrado un alto potencial de crecimiento histológico con angiogénesis alrededor de las fibras y sin signos de reacción inmune del sistema LARS (Trieb

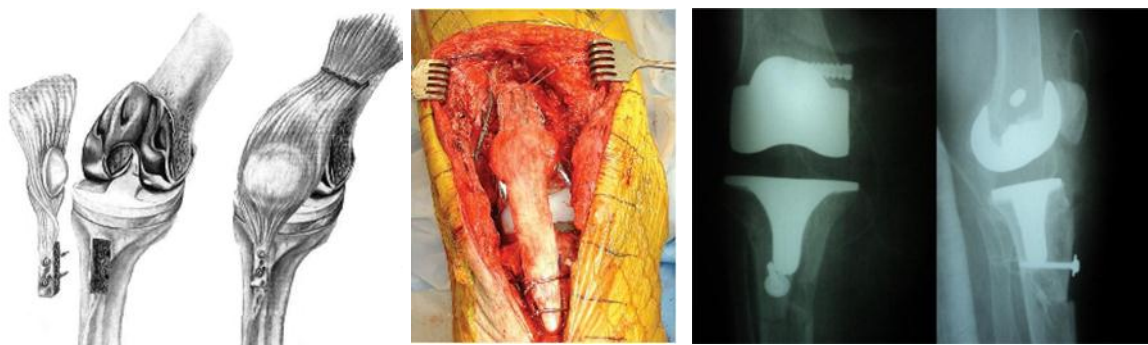
2004). La reconstrucción primaria con LARS mostró una función excelente en cuanto a la extensión de la rodilla y una supervivencia del implante satisfactoria (Hobusch 2016; Mavrogenis 2012).

### **Conservación y inserción simple**

En los casos en los que se mantiene el aparato extensor del paciente y se realiza la resección de tibia proximal, el tendón rotuliano puede reinsertarse directamente a la megaprótesis independientemente de que se realice un colgajo muscular asociado o no (Jentzsch 2013). La función es buena o excelente en el 87% de los casos (Bickels 2001; Mavrogenis 2012). Mavrogenis et al (2012) realiza la inserción directa del tendón rotuliano a la megaprótesis con suturas irreabsorbibles sin colgajo muscular o inserción mediante placa sin colgajo. Oddy et al (2005) realiza un estudio biomecánico en modelo animal reinsertando el tendón rotuliano mediante un implante metálico consiguiendo una fijación mecánica estable similar a una entesis de tipo directo. Bickels et al (2001) reseca la tibia proximal y secciona el tendón rotuliano a 1-2 cm del tubérculo tibial. Sutura el tendón rotuliano con una cinta de Dacron a la megaprótesis, coloca un autoinjerto del cóndilo femoral entre tendón rotuliano y megaprótesis y realiza un colgajo de gastrocnemio medial para reforzarlo.

### **Aloinjerto completo de aparato extensor**

Los aloinjertos completos de aparato extensor consisten en una pieza que incluye tendón del cuádriceps, rótula, tendón rotuliano y tubérculo tibial anterior (Fig. 23). Su uso se comunicó por primera vez para la rotura de tendón rotuliano tras prótesis de rodilla (Chen 2016; Emerson 1990). El balance articular depende de la tensión con la que se sutura el aloinjerto (Burnett 2004), con un aceptable déficit de la extensión de rodilla (Ek 2011; Prada 2003).

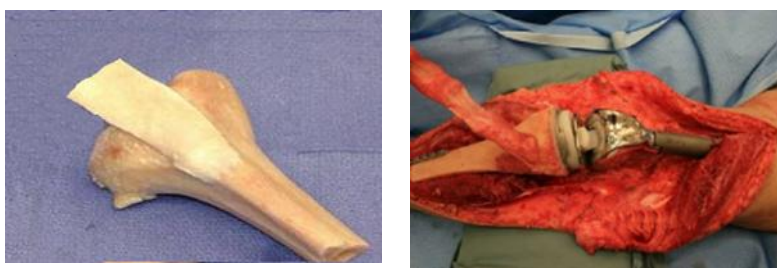


**Fig. 23.** Transplante de aloinjerto completo (imágenes tomadas de Lonner 2010)

### **Aloinjerto parcial de aparato extensor**

Consiste en una aloinjerto tendinoso para reconstruir el tendón rotuliano. El aloinjerto suele ser de tendón de Aquiles unido a su inserción calcánea. Otros (Imanish 2015) han utilizado un injerto combinado de rótula-tendón rotuliano-tuberosidad tibial, fijando los extremos óseos mediante osteosíntesis con resultados satisfactorios.

En el caso de resecciones tumorales de tibia, el aloinjerto incluye toda la porción proximal de la tibia (Fig. 24). La técnica más usual de reconstrucción del aparato extensor es superponiendo el tendón rotuliano del aloinjerto al nativo y sutur ndolo (Donati 2008; Muscolo 2010; Ayerza 2006). El fracaso de la reconstrucción se cifra en el 14%, pero en el resto de pacientes el déficit de extensión es menor de 5  (Donati 2008).

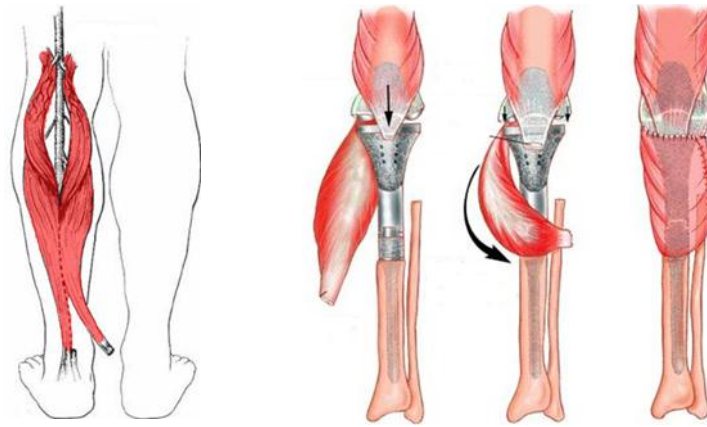


**Fig. 24.** Aloinjerto tibial con tendón rotuliano (imagen modificada tomada de Whitfield 2011)

### **Reconstrucción con colgajo muscular autólogo**

La reconstrucción con colgajo autólogo de gastrocnemio ha sido usada durante décadas en los defectos de tibia proximal y rodilla (Fig. 25) (Walton 2017). Ha demostrado ser útil en la reparación de tejidos blandos dañados por traumatismos (Kim 2017, Hohmann 2016, Jepegnanam 2009, Park 2009), tumores

(Tanaka 2016, Jentzsch 2013, Warriier 2006) e infecciones sobre la rodilla y la rotura del aparato extensor con o sin artroplastia (Walter 2017).



**Fig. 25.** Reconstrucción del aparato extensor con gastrocnemio (imágenes tomadas de Malawer 2004)

El colgajo de gastrocnemio medial es el más utilizado por su vascularización (Fig. 26), fácil disección y excelente arco de rotación (Pichardo 2011). Se explica la anatomía y técnica quirúrgica del mismo en el siguiente apartado (2.3.4. Cobertura de partes blandas).



**Fig. 26.** Colgajo de gastrocnemio medial. (Imágenes tomadas de Institute for Limb Preservation. <https://pslmc.com>)

En la serie de Mavrogenis et al (2012), de 163 pacientes con reconstrucción con gastrocnemio medial tuvo como principales complicaciones 12% infección, 4% rotura del mecanismo extensor y 2% de dehiscencia de herida. El déficit de extensión fue de una media de 10°. Jentzsch et al (2013), con gastrocnemio medial en 66 pacientes, obtuvo un déficit de extensión medio de 17°. En otras pequeñas series (El-Sherbiny 2008; Zhang 2008), el déficit de extensión era menor de 10° en el 90% de los casos. Otros (Bickels 2001) refieren déficit mayor de 20° en el 26%

de los pacientes. Unos (Zhang 2008) refieren no complicaciones cutáneas, mientras otros hasta un 7% de necrosis (Bickels 2001).

#### **2.3.4. COBERTURA DE PARTES BLANDAS**

Toda cirugía radical conlleva un potencial sufrimiento de las partes blandas, principalmente de la piel. En la cirugía tumoral este riesgo es más importante por las amplias extirpaciones musculares y de pequeños vasos sanguíneos que pueden ser necesarios realizar. La implantación de megaprótesis junto a aloinjertos presenta en ocasiones tal volumen que dificulta o hacen imposible el cierre cutáneo primario. En otras ocasiones el cierre a tensión, junto al déficit vascular cutáneo, propicia la necrosis de los bordes de la herida quirúrgica lo que conduce a la dehiscencia de la misma y a la exposición de las estructuras subyacentes.

Esta complicación cutánea (fallo tipo 1 de Henderson) es un severo factor de riesgo de infección profunda (fallo tipo 4 de Henderson) que puede hacer fracasar la cirugía reconstructiva tumoral, conduciendo a la retirada de la prótesis o a la amputación (Morii 2013). Tras megaprótesis tumorales alrededor de la rodilla se han descrito complicaciones cutáneas graves del 6-8% (Capanna 2015; Pala 2015; Bus 2017), y una tasa de infección del 9-24% (Harden 2017; Holl 2012; Pala 2015; Mavrogenis 2012; Ilyas 2001). El riesgo de amputación tras infección periprotésica se cifra en el 37- 87% (Manoso 2006).

Así, hay dos indicaciones principales para la realización de técnicas de cobertura de partes blandas en una prótesis de rodilla (Sonmez 2011). La primera y más utilizada es la dehiscencia de la herida (Cetrulo 2008; Manoso 2006) y la segunda puede ser la indicación profiláctica en los casos de gran riesgo de sufrimiento cutáneo (Chien 2007; Hierner 2009; Horowitz 1992).

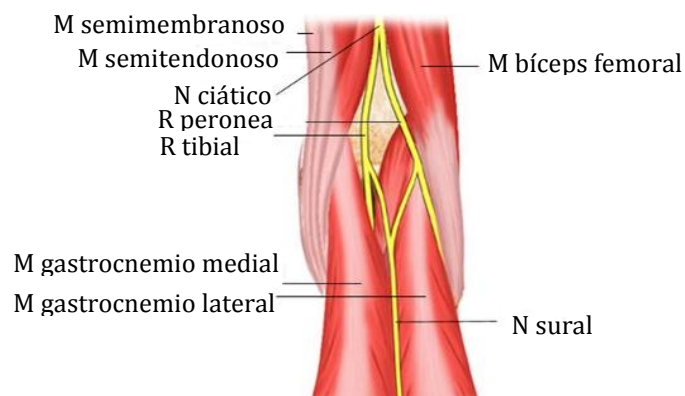
La cobertura de partes blandas se puede llevar a cabo mediante colgajos musculares libres, como del *latissimus dorsi* (Cetrulo 2008; Markovich 1995), recto abdominal (Cetrulo 2008, Markovich 1995) o colgajo anterolateral del muslo (Chien 2007). La cirugía de los colgajos tuvo un despegue considerable al inicio de la década de 1970, favorecido por las técnicas microquirúrgicas y los conocimientos de anatomía (Masquelet 2009). Así, actualmente la trasposición de colgajos locales vascularizados es la técnica preferida por la mayoría de los



autores, como de gastrocnemio medial (Moebius 2012; Ries 2006), gastrocnemio lateral (Mavrogenis 2012; Moebius 2012), sóleo (Hankiss 2013) o gracilis (Mitsala 2014). De estos últimos, el gastrocnemio medial continúa siendo el método preferido de reparación de la cobertura de los tejidos blandos de la rodilla.

### Colgajo rotacional de gastrocnemio medial

El músculo gastrocnemio está formado por dos cabezas (vientres), medial y lateral. La cabeza medial es más larga y se origina en la cara posterior y superior del cóndilo femoral medial, por detrás y debajo del tubérculo del aductor mayor. El pedículo dominante es la arteria sural medial (segunda rama de la arteria poplítea) y sus venas concomitantes. La cabeza lateral se inserta en la parte posterior del cóndilo lateral y en el reborde lateral, donde a menudo existe un sesamoideo. El pedículo dominante es la arteria sural lateral y sus venas concomitantes. Ambas cabezas convergen, reuniéndose a la altura de la interlínea articular de la rodilla y formando un músculo único que continúa junto con el músculo sóleo (profundo al gastrocnemio) hasta el calcáneo donde se insertan por un tendón común (tendón de Aquiles) (Latarjet 2011). El músculo gastrocnemio está inervado por ramos motores sural medial y lateral provenientes del nervio tibial (Fig. 27).



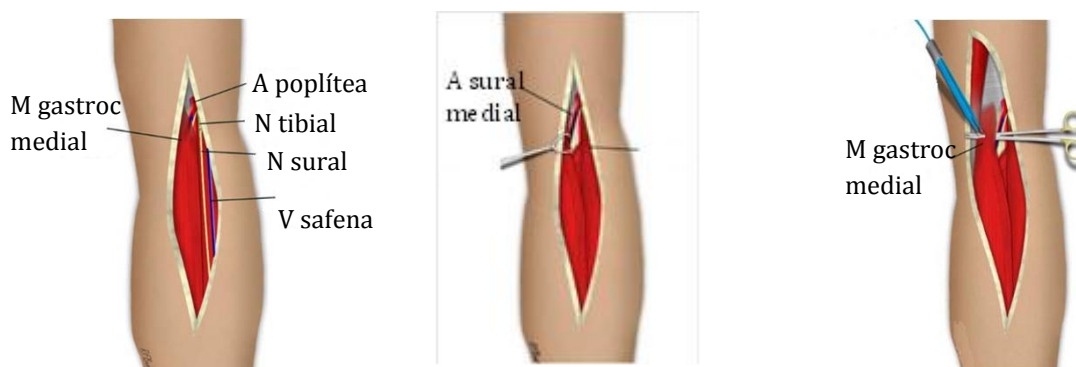
**Fig. 27.** Hueco poplíteo (imagen tomada de Karadsheh 2017)

### Técnica quirúrgica

Bajo anestesia general o raquídea, se coloca al paciente en decúbito supino, cadera en abducción- rotación externa y rodilla flexionada. Se realiza isquemia del

miembro inferior con una presión de 100mmHg por encima de la presión sistólica del paciente.

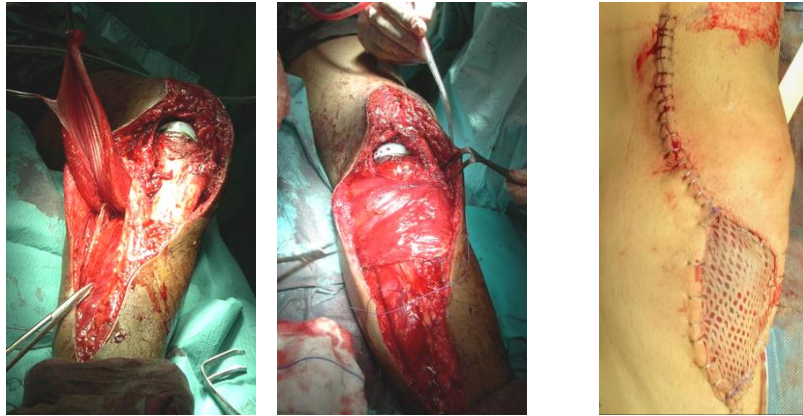
De acuerdo a Zubillaga et al (2017), se realiza una incisión longitudinal medial en la cara posterior de la rodilla extendida hacia la pierna, preservando en el subcutáneo el nervio sural y la vena safena menor. Se incide la fascia profunda, entrando al hueco poplíteo donde se identifica la arteria poplítea y sus ramas al gastronecmio (arteria sural medial) en la porción proximal entre las dos cabezas musculares (Fig. 28).



**Fig. 28.** Disección del m. gastrocnemio medial y su pedículo vascular por la cara posterior rodilla y pierna (imágenes tomadas de Karadsheh 2017)

Se inicia la disección del vientre medial del gastrocnemio por disección subfascial (Masquelet 2009), separándolo del sóleo y dejando con él al músculo del plantar delgado. Se libera distalmente hasta su transición músculo-tendón, ligando los vasos comunicantes (D'Avila 2014).

Se busca el intersticio entre los 2 vientres musculares, se secciona la aponeurosis que los une y se realiza la disección profunda para permitir la movilización del vientre medial. Una vez movilizado el colgajo, se retira la isquemia y se realiza hemostasia con electrocoagulación. El colgajo vascularizado de gastronecmio medial se rota subcutáneamente hacia la cara anterior de la rodilla cubriendo la zona (Fig. 29). El músculo traspuesto se cubre con un injerto libre de piel procedente de la cara lateral del muslo contralateral (D'Avila 2014).



**Fig. 29.** Cobertura con m. gastrocnemio. A) Músculo gastrocnemio medial seccionado en su porción distal. B) Rotación del colgajo muscular a la cara anterior de la rodilla para cobertura muscular. C) Cierre con injerto cutáneo (producción propia)



### 3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Los tumores óseos malignos son relativamente infrecuentes, y la más alta prevalencia de los mismos está localizada alrededor de la rodilla. El tratamiento de elección es la resección quirúrgica del tumor. Actualmente, esta resección es preferentemente seguida de la reconstrucción articular (la llamada cirugía de salvamento del miembro).

Aunque con los primeros procedimientos de salvamento del miembro el resultado funcional fue de importancia secundaria debido a la corta supervivencia de estos pacientes, con el avance de nuevas quimioterapias la expectativa de vida se ha alargado significativamente, adquiriendo así mayor relevancia el resultado funcional (Bernthal 2015). Además, dada la edad preferentemente joven de los pacientes, actualmente en la reconstrucción articular se ha prestado gran importancia en la recuperación funcional de la rodilla (Müller 2016). A esto último han ayudado los modernos diseños de megaprótesis (Pala 2016) y de su sistema de fijación o asociación a aloinjertos estructurales (Wang 2005).

Tres son los métodos más empleados para reconstrucción articular tras resección tumoral: el reemplazo con un aloinjerto osteoarticular, el reemplazo con una megaprótesis, y el reemplazo con una combinación de aloinjerto y prótesis (aloprótesis).

El aloinjerto osteoarticular ha sido empleado preferentemente para tumores de la tibia proximal (Muscolo 2010), dada la ventaja de poder realizar la sutura del tendón rotuliano nativo al tendón del aloinjerto, donde este último puede potencialmente revascularizarse de manera gradual y reconstruirse con fibroblastos del tendón nativo (Ayerza 2006). La principal desventaja es que requiere una cuidadosa reconstrucción de los ligamentos y partes blandas para aportar cierta estabilidad a la rodilla, que raramente se obtiene de manera eficaz (Muscolo 2010). Por otro lado, se han descrito altas tasas de fallo precoz, además de la infección, en relación a la falta de osteointegración del aloinjerto con pérdida

de propiedades mecánicas del mismo (Toy 2010). Además, se describen frecuente fractura y colapso osteocondral y degeneración del cartílago articular (Hornicek 1998), rotura del aparato extensor en el caso de tumores de tibia proximal (Albergo 2017) y fracturas o reabsorción del aloinjerto en el fémur distal (Mankin 1996; Toy 2010).

La megaprótesis fue empleada para solventar los antedichos problemas (Wunder 2001). Aporta la ventaja de estabilizar la rodilla de forma inmediata, facilitar la movilidad y carga completa, así como su modularidad para adaptarse a las necesidades de resección ósea de cada paciente (Bus 2017). Sin embargo, la mayor desventaja es el sacrificio de la inserción tibial del tendón patelar en los tumores de tibia proximal, lo que obliga a la fijación tendinosa en una zona metálica y por tanto con ausencia de crecimiento biológico del mismo (Gilbert 2009). Por otro lado, exige la resección parcial del extremo del hueso opuesto. Las principales complicaciones, además de la infección, son el aflojamiento de los componentes y la rotura del aparato extensor (Biau 2006).

La aloprótesis surgió como una combinación de las ventajas potenciales del aloinjerto osteoarticular en cuanto al reemplazo del hueso reseado con reconstrucción de su longitud, y reparación del aparato extensor con fijación del tendón patelar en hueso (Mankin 1996), y las de la prótesis en cuanto a estabilidad de la rodilla y fijación mecánica con una mejor distribución de las cargas (Müller 2016). Sin embargo, se han descrito también complicaciones tales como infección, fractura del aloinjerto, aflojamiento protésico e insuficiencia del aparato extensor (Biau 2007), aunque la tasa de complicaciones es relativamente baja para algunos autores con las actuales técnicas de preparación del aloinjerto y moderno diseño de prótesis (Gilbert 2009; Wang 2015).

Sin embargo, la literatura sobre aloprótesis para la reconstrucción tumoral alrededor de la rodilla es escasa, empleándose preferentemente en tumores de la tibia proximal (Biau 2007; Campanacci 2015; Donati 2008; Gilbert 2009; Müller 2016) en series de alrededor de 14 casos, excepto la serie de Donati et al (2008) con 62 pacientes. Por otro lado, la utilización de aloprótesis para tumores del fémur distal ha sido reportada en casos incluidos dentro de estudios globales sobre aloprótesis (Biau 2006; Biau 2007; Capanna 2011; Wang 2015) sin análisis específico de los mismos, y en solo un estudio focalizado sobre el tema (Mo 2013).

Así, actualmente hay una falta de evidencias sobre la utilización de aloprótesis para tumores del fémur distal y no hay estudios comparativos sobre los resultados de la aloprótesis entre localizaciones del tumor en el fémur distal y la tibia proximal.





## **4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **4.1. HIPÓTESIS**

Actualmente, el empleo de reconstrucción articular de la rodilla mediante aloprótesis (composición de aloinjerto y prótesis) tras resección de tumores óseos malignos es un procedimiento aceptado para tumores de la tibia proximal.

Nuestra hipótesis era de no inferioridad, basada en que 1) dados los aspectos mecánicos respecto al mejor soporte de hueso cortical y distribución axial de cargas en el fémur distal comparado a la tibia proximal, y 2) siendo la cobertura muscular y por tanto la posibilidad de revascularización del aloinjerto a nivel del fémur distal mayor que a nivel de la tibia distal, la efectividad de la aloprótesis en el fémur distal debería ser cuanto menos similar a su utilización en la tibia proximal.

Así, la hipótesis nula ( $H_0$ ) formal era que la reconstrucción articular mediante aloprótesis para tumores del fémur distal proporcionaba resultados inferiores a su utilización para tumores en la tibia proximal.

La hipótesis alternativa ( $H_1$ ) sería que la antedicha reconstrucción articular para tumores del fémur distal proporcionaría resultados iguales o superiores comparados a su utilización para tumores en la tibia proximal.

### **4.2. OBJETIVO PRINCIPAL**

Evaluar la efectividad biológica y mecánica del uso de aloprótesis para reconstrucción articular en tumores óseos primarios malignos del fémur distal en comparación a su utilización en aquellos tumores de la tibia proximal.

### **4.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS**

- Comparar la tasa de complicaciones quirúrgicas y mecánicas.
- Comparar la supervivencia de la prótesis.

- Comparar el resultado funcional entre ambas localizaciones.
- Comparar los resultados oncológicos y supervivencia de los pacientes.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1. DISEÑO Y ÉTICA**

Estudio retrospectivo, comparativo de casos y controles de pacientes consecutivamente intervenidos en la Unidad de Tumores Óseos del Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca entre 1990 y 2015. Dada la baja prevalencia relativa de los tumores óseos alrededor de la rodilla, no se consideró oportuno realizar un estudio comparativo prospectivo por precisar de un período de tiempo excesivamente prolongado para reclutar un apreciable número de casos.

El proyecto fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) del Hospital General Universitario de Elda (Alicante), siendo eximido de consentimiento informado al considerarse como evaluación interna de la asistencia prestada.

### **5.2. SELECCIÓN DE PACIENTES**

Se utilizó la base de datos de la Unidad de Tumores Óseos para identificar los pacientes operados por tumores óseos alrededor de la rodilla. Esta base de datos contiene datos clínicos, radiográficos y operatorios de todos los pacientes atendidos en la Unidad.

#### **5.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Pacientes de cualquier edad y sin distinción de género, con tumor óseo primario maligno en uno de los extremos articulares de la rodilla, tratamiento con aloprótesis.

Para el análisis de resultados se requería un seguimiento postoperatorio mínimo de 24 meses, siendo excluidas las pérdidas en dicho período.

### **5.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Cirugía ósea abierta previa sobre la rodilla por cualquier causa (no era motivo de exclusión la meniscectomía), y en general fueron también excluidos aquellos factores que contraindicaban la cirugía con aloprótesis (invasión tumoral de las estructuras de la fosa poplítea, afectación tumoral de partes blandas periarticulares no susceptibles de resección o reparación, presencia de infección).

### **5.2.3. GRUPOS DE ESTUDIO**

De acuerdo al objetivo principal, se identificaron 49 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión, de los cuales 4 (2 femorales y 2 tibiales) murieron antes de los 24 meses postoperatorios. Así, quedaron 45 pacientes válidos para estudio que fueron clasificados en uno de dos grupos:

- Grupo de estudio (grupo fémur): 24 pacientes con afectación tumoral del extremo distal del fémur
- Grupo de control (grupo tibia): 21 pacientes con afectación tumoral del extremo proximal de la tibia.

## **5.3. PROTOCOLO QUIRÚRGICO EMPLEADO**

Todas las operaciones fueron realizadas por el mismo equipo de cirujanos. En todos los pacientes, la cirugía se realizó bajo anestesia general con manguito de isquemia en la porción alta del muslo. El acceso quirúrgico era mediante incisión cutánea anteromedial, y artrotomía subvasto en los tumores femorales o pararrotoiana medial en los tibiales. Se realizó resección del tumor y reconstrucción de la articulación. En ambos grupos se realizó resección extraarticular en bloque del segmento osteoarticular afectado de acuerdo a Enneking y Shirley (1977) con control del paquete vascular de la fosa poplítea.

En el caso de tumor en el extremo distal del fémur, el aparato extensor de la rodilla era aislado y conservado íntegramente, desplazándolo lateralmente con eversión de la rótula para el acceso a la articulación. En el caso de tumor en el extremo proximal de la tibia, la osteotomía siempre se realizaba distalmente a la tuberosidad tibial anterior, tras desinserción del tendón rotuliano y conservando el aparato extensor nativo.

Las osteotomías eran planeadas a 1-2 cm de la zona con evidencia de lesión tumoral. Se realizaba toma de biopsia del margen de osteotomía para confirmar la no afectación tumoral en el hueso remanente.

En ambos grupos, la longitud del extremo articular era reconstruida utilizando un aloinjerto óseo del extremo articular correspondiente, procedente de un banco institucional (Centro de Transfusión y Tejidos de la Comunidad Valenciana, Alicante), fresco ultra-congelado y esterilizado sin radiación gamma. En el caso de tumores tibiales, el aloinjerto de tibia proximal incorporaba su correspondiente tendón rotuliano.

En ambos grupos, la articulación era reemplazada mediante una megaprótesis modular constreñida de bisagra rotacional que permitía aportar estabilidad mediolateral y anteroposterior a la rodilla, independientemente del estado de los ligamentos de la misma. A lo largo del tiempo se utilizaron tres modelos protésicos: PGR (Protesi per Grandi Resezioni, Lima Lto, Italy), OSS (Orthopedic Salvage System, Biomet, EE.UU.) y Endo-Model Megasystem (Waldemar Link, Alemania). Las características eran similares con vástagos de extensión en ambos componentes y fijados con cemento acrílico con antibiótico (tobramicina).

En ambos grupos, la combinación de aloinjerto y prótesis era realizada en la mesa de instrumentación. El aloinjerto era recortado al tamaño apropiado y su canal medular era fresado. Tras ello, el componente protésico correspondiente era implantado y cementado dentro del aloinjerto con un vástago largo superando la longitud del aloinjerto (Fig. 30)



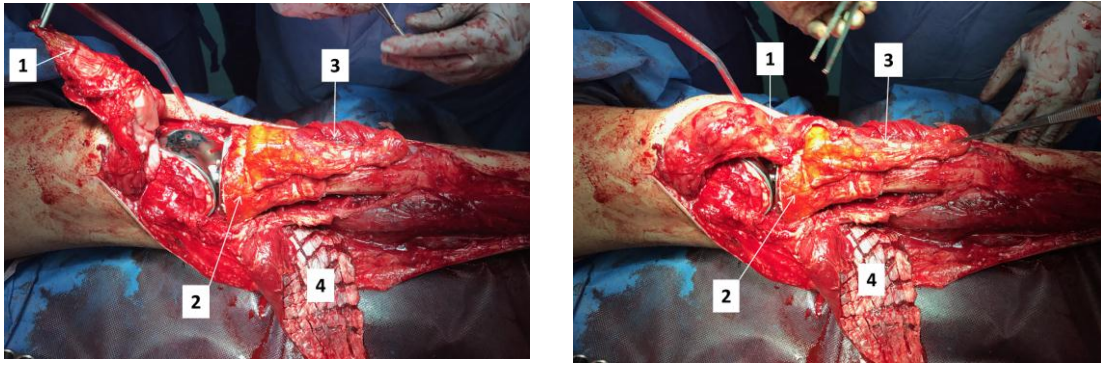
**Fig. 30.** A) Planificación de la resección y prótesis Endo-Model (Link).  
B) Implantación de prótesis en el aloinjerto (producción propia)

El canal medular del hueso nativo era fresado, y finalmente la aloprótesis era implantada sobre el hueso nativo cementado, cuidando que no hubiera cemento en la unión aloinjerto y hueso nativo para facilitar su osteointegración (Fig. 31). En dicha unión se aportaba un suplemento de injerto óseo esponjoso de banco o matriz ósea desmineralizada. De manera estándar se prepara el extremo articular del hueso opuesto, donde se implantaba el correspondiente componente protésico, con un vástago largo y cementado.

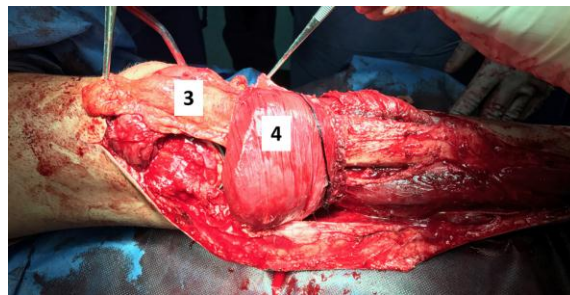


**Fig. 31.** Implantación de la combinación aloinjerto-prótesis en el hueso nativo. A) Aloprótesis en tibia. B) Aloprótesis en fémur (producción propia)

En los tumores tibiales, el aparato extensor era reconstruido sobreponiendo el tendón rotuliano del aloinjerto al tendón rotuliano nativo y suturando con hilo sintético no reabsorbible (Figs. 32-33). Se tenía cuidado en restaurar la altura de la rótula en relación a la línea articular. El aparato extensor fue cubierto y reforzado con un colgajo rotatorio de gastronecmio medial en 11 pacientes.



**Fig. 32.** Reconstrucción aparato extensor. A) Preparación de los tendones rotulianos. B) Superposición de los tendones para su sutura (1: tendón rotuliano nativo. 2: aloinjerto con su tendón rotuliano (3). 4: colgajo de gastrocnemio medial) (producción propia)



**Fig. 33.** Aparato extensor y cobertura con colgajo de gastrocnemio medial (3: tendón rotuliano del aloinjerto. 4: colgajo de gastronecmio) (producción propia)

Postoperatoriamente, todos los pacientes en ambos grupos recibieron profilaxis antibiótica con cefuroxima, intravenosa durante 5 días y luego oral otra semana; y profilaxis tromboembólica con heparina de bajo peso molecular por 30 días. Así mismo, se instauraba terapéutica oncológica adyuvante con quimioterapia dependiendo de la estirpe histológica. No la recibieron en caso de condrosarcoma o tumor de células gigantes.

En las rodillas del grupo tibial, el aparato extensor fue protegido mediante ortesis con flexión bloqueada a 30° en el primer mes, a 60° en el segundo mes, y a 90° en el tercer mes. En el cuarto mes la ortesis era retirada. Además, el miembro se mantuvo en descarga durante 2 meses, y después carga progresiva.

En las rodillas del grupo femoral no se utilizó inmovilización ni ortesis. El miembro se mantuvo en descarga durante 2 semanas y después carga progresiva.

El tratamiento rehabilitador se inició en el grupo tibial a partir del tercer mes y en el grupo femoral a partir de la tercera semana.

## **5.4. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO**

Se revisaron los datos contenidos en la base de datos de la Unidad, los informes de cirugía y el historial clínico de los pacientes que incluía la evolución postoperatoria. Todos los pacientes habían sido evaluados pre y postoperatoriamente de manera protocolizada.

Preoperatoriamente, el diagnóstico se basó en la exploración clínica y radiológica. La radiología simple consistía en proyecciones anteroposterior y lateral de rodilla. Ante la sospecha de tumor, se realizaban en todos los casos resonancia nuclear magnética (RNM) sin y con gadolinio para valorar afectación ósea y extensión a partes blandas periarticulares, gammagrafía ósea de cuerpo completo para descartar o evidenciar metástasis, y PET-TAC (tomografía por emisión de positrones) para estadiaje del tumor.

La confirmación histológica y de la estirpe tumoral era realizada mediante biopsia ósea preoperatoria.

El seguimiento postoperatorio protocolizado consistía en evaluaciones clínicas y radiológicas cada 3 meses en el primer año, cada 6 meses en el segundo años, y luego anualmente con un mínimo de 5 años, todo ello a menos que una complicación o la muerte ocurriera antes. En cada visita se realizaba estudio radiológico, y adicionalmente TAC o RNM si se sospechaba complicación o recurrencia.

## **5.5. VARIABLES DE ESTUDIO**

### **5.5.1. VARIABLE PRINCIPAL**

De acuerdo al objetivo principal, la variable de resultado principal fue la osteointegración del aloinjerto. Por consenso de la International Society of Limb Salvage, esta fue evaluada de acuerdo a los criterios radiológicos del International



Symposium on Limbs Salvage (ISOLS) (Glasser 1991). El resultado se clasifica radiológicamente en 4 categorías. Excelente: fusión completa con línea no visible. Bueno: fusión >75% del diámetro, reabsorción <25%, sin fractura o incompleta. Aceptable: fusión del 25%-74%, reabsorción <50%, en caso de fractura sin desplazar. Malo: fusión <25%, reabsorción >50%, en caso de fractura desplazada.

Además, la consolidación completa se definía cuando había puentes óseos en al menos 3 corticales (> 75% del diámetro) en dos proyecciones radiológicas ortogonales, y la consolidación parcial con la presencia de puentes óseos en al menos dos corticales (Gilbert 2009).

**Tabla 5.** Clasificación ISOSL (Glasser 1991)

ISOSL	Unión	Resorción	Fractura	Acortamiento del injerto	Fijación
EXCELENTE	Línea no visible	No resorción. Hueso periostal	No	No	No cambios
BUENO	>75%	<25% ancho cortical	Incompleta	<2 mm	Cambios menores
REGULAR	25-75%	25-50%	Sin desplazar	2-4 mm	Angulación >10°
POBRE	<25% o no callo	>50%	Desplazada	>4 mm	Fallo del implante

### 5.5.2. VARIABLES SECUNDARIAS

1) Variables demográficas: edad y género.

2) Variables oncológicas: estadiaje del tumor de acuerdo a los criterios de Enneking et al (1996).

3) Las complicaciones protésicas fueron clasificadas de acuerdo a los 5 modos de fallo descritos por Henderson et al (2011). Tipo 1 (fallo de partes blandas), Tipo 2 (aflojamiento aséptico), Tipo 3 (fallo estructural, rotura prótesis), Tipo 4 (infección) y Tipo 5 (progresión tumoral). El aflojamiento protésico aséptico se definió como líneas radiolucetas periprotésicas continuas o progresivas en ausencia de infección. La infección periprotésica era definida de acuerdo a los criterios de Parvizi et al (2011).

4) Supervivencia del implante, definida como el tiempo desde la cirugía a la necesidad de revisión prótesis por fallo, amputación, o a la última evaluación si no había cirugía secundaria.

5) Evaluación funcional de acuerdo a consenso internacional en cirugía ósea tumoral mediante la escala MSTS-II (Musculoskeletal Tumor Society (Enneking 1993). Los valores de esta escala son de 0 (peor) a 5 (mejor) puntos para cada una de las 6 categorías: dolor, función (restricción de actividades laborales o recreativas), aceptación emocional del tratamiento, soportes para la deambulación, habilidad para andar (distancia) y marcha (severidad de la cojera). La valoración total (de 0 a 30) suele expresarse como un porcentaje del total posible. También puede ser categorizada en resultado funcional excelente (23 o más puntos), bueno (15-22), regular (8-14) y malo (menos de 8) (Campanacci et al, 2015).

6) Así mismo, se valoró el rango de movilidad de la rodilla utilizando un goniómetro clínico convencional para la flexión y extensión de la rodilla. El déficit de extensión era definido como la pérdida de extensión activa para alcanzar la extensión completa (definida como 0°).

7) La calidad de vida postoperatoria se valoró mediante la escala WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities score), cuestionario de calidad de vida general en relación al estado del miembro inferior (Bellami 1988). Los valores se transformaron en escala 0-100, donde un mayor valor indicaba mejor calidad de vida.

8) Dolor, mediante escala visual analógica (EVA) 0-10, donde 0 es ningún dolor y 10 dolor máximo posible.

9) Supervivencia oncológica era definida como el tiempo desde la cirugía a la presencia de recidiva tumoral local o metástasis, o a la última evaluación si no ocurría.

10) Supervivencia del paciente, definida como el tiempo desde la cirugía a la muerte, o a la última evaluación si no ocurría.

## **5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

### **5.6.1. CÁLCULO DE POTENCIA DEL ESTUDIO**

Se partió de una hipótesis de no inferioridad. La hipótesis nula era que el tratamiento con aloprótesis en tumores del fémur distal proporcionaría peores resultados que cuando era usado en tumores de la tibia proximal. Realizando a posteriori una prueba de no-inferioridad, en la que se consideraba clínicamente importante una diferencia de 10% para fracasos del aloinjerto, y una desviación estándar de 10 en la tasa de complicaciones del aloinjerto, para un error alfa de 0,05 y una muestra de 21 casos por grupo, la potencia estadística del estudio era del 83%.

### **5.6.2. PRUEBAS DESCRIPTIVAS E INFERENCIALES**

El análisis se llevó a cabo mediante el programa IBM SPSS v. 19. La normalidad o no de las variables era testada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Las variables cualitativas se mostraron como frecuencia y tasa, y para comparaciones se utilizaron las pruebas de chi-cuadrado o no paramétrica de Mantel-Haenszel.

Las variables cuantitativas se mostraron como media o mediana, desviación estándar y rango, y para comparaciones intergrupos se utilizaron las pruebas t-Student o no paramétrica de U-Mann-Whitney.

La probabilidad de supervivencia fue estudiada mediante el análisis de Kaplan-Meier y comparación entre grupos con prueba log-rank, exponiendo la probabilidad de supervivencia e intervalo de confianza (IC) al 95%. Para supervivencia de la prótesis, el punto final era revisión de la misma por cualquier causa. Para supervivencia del paciente, el punto final era la muerte. Para supervivencia oncológica local, el punto final era la recidiva local o amputación.

El análisis multivariante de regresión logística, con procedimiento de selección de variables paso a paso hacia atrás, se utilizó para evaluar el efecto (Odds ratio- OR- con IC del 95%) sobre el resultado de osteointegración del

aloinjerto y sobre la supervivencia de la prótesis en relación a la edad (menor o mayor 20 años), género, localización tumoral (fémur o tibia), estadiaje del tumor (I y IIA versus IIB y III), longitud de la resección (mayor o menor de 10 cm), y tipo de prótesis.

Todas las pruebas fueron bilaterales, con nivel de significación de 0,05.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La cohorte de estudio consistía de 45 pacientes, 24 con afectación tumoral del extremo distal del fémur (grupo fémur) y 21 con afectación tumoral del extremo proximal de la tibia (grupo tibia). Los datos epidemiológicos comparativos de ambos grupos se muestran en la Tabla 6, no habiendo diferencias significativas. Había un 50,0% de mujeres en el grupo fémur y 52,3% en el grupo tibia. La edad media en el momento de la cirugía era 20.4 años en el grupo fémur y 25,4 en el grupo tibia (p= 0,160).

**Tabla 6.** Datos epidemiológicos de ambos grupos

	Grupo Fémur n= 24	Grupo Tibia n= 21	p-valor
Edad (años)	20,4 ± 9,9 (10-49)	25,4 ±13,0 (12-55)	0,160
Género (M/H)	12/12	11/10	0,873
Lado (D/I)	11/13	7/14	0,292
Osteosarcomas:			0,167
- convencional	14	14	
- parostal	5	2	
- telangiectásico	1	1	
Condrosarcoma	3	0	
Tumor cels. gigantes	1	3	
Liposarcoma	0	1	
Estadios:			0,721
- IB	0	1	
- IIA	10	9	
- IIB	11	8	
- III	3	3	
Quimioterapia:			0,654
-neoadyuvante	1	1	
- adyuvante	8	4	
- neo+adyuvante	10	11	
- no quimio	5	5	

Variables cuantitativas: media ± desviación estándar (rango)

La biopsia reveló que los osteosarcomas fueron los más prevalentes en ambos grupos (83.3% versus 80.9%;  $p= 0.873$ ), sin diferencia significativa en el estadiaje de los tumores de acuerdo a Enneking et al ( $p= 0,712$ ).

El tumor tenía una longitud media en el fémur distal de 9,4 cm (rango, 4,5-14), y en la tibia proximal de 8,0 cm (rango, 5-15), sin diferencia significativa ( $p= 0,069$ ).

Clínicamente, los pacientes del grupo femoral presentaban preoperatoriamente dolor (91,6%), tumoración visible (70,8%) o alteración de la función de la rodilla (41,6%), aunque el 51,6% debutaron con una combinación de dolor y tumor. En el grupo tibial esas cifras fueron, respectivamente, 95,2%, 61,9%, 38,1%, y 57,1%.

El seguimiento postoperatorio medio fue de 12,5 (rango, 2,1-25,0) años en el grupo femoral y de 11,2 (rango, 2,0-25,0) años en el grupo tibial ( $p= 0,569$ ), el cual era definido como el tiempo transcurrido entre la cirugía y la muerte (siempre después de al menos 24 meses postoperatorios) o el último seguimiento realizado si estaban vivos. En el caso de muerte en el momento del estudio, los datos eran referidos al último seguimiento realizado. Excepto por muerte, no hubo pérdidas de seguimiento acudiendo todos los pacientes a sus visitas postoperatorias.

## **6.2. RESULTADOS CLÍNICOS**

### **Variable principal de resultado**

De acuerdo a la variable principal, las categorías ISOLS sobre osteointegración del aloinjerto a los 12 meses (no habiendo cambios relevantes en la última evaluación) se muestran en la Tabla 7, no habiendo diferencia significativa ( $p= 0,990$ ). Categorizando estos resultados en satisfactorios (excelente y buena integración) e insatisfactorios (aceptable y pobre), no había diferencias significativas ( $p= 0,590$ ).

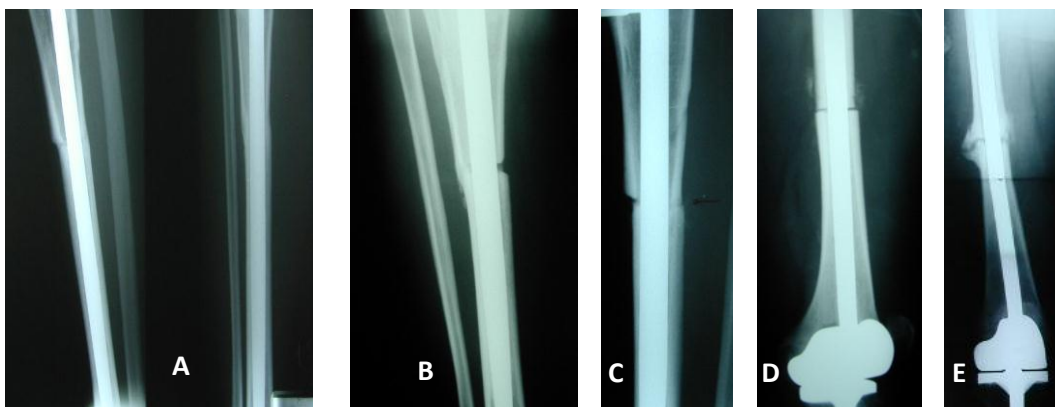
**Tabla 7.** Resultados de consolidación ISOLS a 12 meses

Grado de Integración	Grupo Fémur	Grupo Tibia
Excelente	11 (45,8%)	10 (47,6%)
Buena	8 (33,3%)	7 (33,4%)
Aceptable	3 (12,5%)	2 (9,5%)
Pobre	2* (8,4%)	2 (9,5%)

\*Un caso con pseudoartrosis. Globalmente,  $p = 0,990$

En el grupo femoral los 2 casos con pobres consolidaciones (Fig. 34) tenían osteosacoma parostal, uno en un hombre de 37 años con pseudoartrosis y aloinjerto de 17 cm, y el otro un hombre de 12 años con aloinjerto de 13 cm. En ambos, no había aflojamiento de la prótesis y no precisando nueva cirugía en la última evaluación. Los 3 casos con integración solo aceptable eran osteosarcomas convencionales en dos hombres de 13 y 22 años, y una mujer de 16 años, con aloinjertos entre 9 y 16 cm.

En el grupo tibial, los resultados de pobres consolidaciones (Fig. 34) fueron en un hombre de 24 años con aloinjerto de 14 cm y una mujer de 18 años con aloinjerto de 16 cm, ambos con osteosarcoma convencional y sin aflojamiento de la prótesis no precisando nueva cirugía en la última evaluación. Los 2 casos con osteointegración solo aceptable fueron en osteosarcomas convencionales, en una mujer de 13 años con aloinjerto de 14 cm, y en un hombre de 31 años con aloinjerto de 11 cm que presentó recidiva local exigiendo la amputación del miembro a los 29 meses.



**Fig. 34.** Resultados de consolidación ISOLS del aloinjerto. A) excelente. B) bueno. C) aceptable. D) pobre. E) pseudoartrosis (producción propia)

El análisis multivariante (Tabla 7) revelaba al grupo de estadios avanzados (IIA-III) como único predictor independiente significativo para obtener una insatisfactoria osteointegración del aloinjerto (OR: 21,2; IC95%: 1,7-50,3; p= 0,028), aunque el intervalo de confianza era grande. La localización del tumor, en tibia proximal o fémur distal, no era predictor significativo (p= 0,806).

**Tabla 7.** Predictores de mala osteointegración del aloinjerto

	Total pacientes n= 45	Fallos n= 9	OR (IC 95%)	p-valor
Edad <20 años	24	5	4,3 (0,3-50,4)	0,246
Género hombre	22	4	9,0 (0,7-103,5)	0,076
Tumor tibia	21	4	1,3 (0,2-7,6)	0,806
Estadio IIA-III	25	2	1,62 (1,3-50,3)	0,028
Injerto >10 cm	27	7	1,6 (0,2-10,3)	0,567

### Complicaciones y supervivencia de la prótesis

De acuerdo a la clasificación de Henderson (Tabla 8) las complicaciones quirúrgicas se muestran en la Tabla. No había diferencia significativa entre grupos respecto a la tasa de complicaciones quirúrgicas (p= 0,442).

**Tabla 8.** Complicaciones protésica según Henderson

Fallos	Grupo Fémur	Grupo Tibia
Tipo 1 (partes blandas)	0	2 (9,5%)
Tipo 2 (aflojamiento)	2 (8,3%)	2 (9,5%)
Tipo 3 (estructural)	0	1 (4,8%)
Tipo 4 (infección)	1 (4,2%)	1 (4,8%)
Total (p= 0,266)	3 (12,5%)	6(28,6%)

En el grupo femoral hubo 2 aflojamientos asépticos de la prótesis a los 7 y 13 años que precisaron recambio, y 1 infección crónica resuelta con exéresis de la fístula y sin recambio de la prótesis.

En el grupo tibial hubo 2 complicaciones de partes blandas, 1 necrosis cutánea (Fig. 35) que recibió injerto cutáneo y 1 paciente que presentó paresia del nervio peroneo. Otros 2 pacientes tuvieron aflojamientos asépticos a los 10 y 14



años que precisaron recambio de la prótesis, y 1 con rotura de polietileno a los 10 años que exigió recambio del mismo (Fig. 36). También hubo 1 infección profunda a los 3 meses que no se resolvió con desbridamiento, extracción del injerto y prótesis y exigió amputación. En ninguno de los dos grupos hubo rotura evidente del aparato extensor.

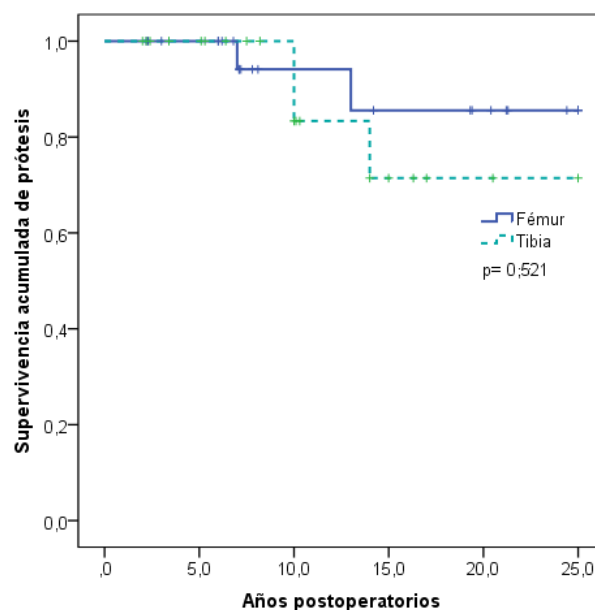


**Fig. 35.** Necrosis cutánea (fallo tipo 1 de Henderson) en grupo tibial



**Fig. 36.** Rotura de polietileno (fallo tipo 3 de Henderson) en grupo tibial

La probabilidad de supervivencia de la prótesis con el método de Kaplan-Meier (Fig. 37), excluidos los casos de amputación que luego se relatan, fue del 94,1% (95%IC: 82,9-98,6%) a los 10 años y del 85,5% (95%IC: 66,6-98,2%) a los 15 años en el grupo femoral, y del 83,3% (95%IC: 62,2-98,2%) y 71,4% (95%IC: 43,2-98,2%) a los 15 años. Estas diferencias no eran significativas ( $p = 0,521$ ).



**Fig. 37.** Supervivencia de la prótesis, según Kaplan-Meier

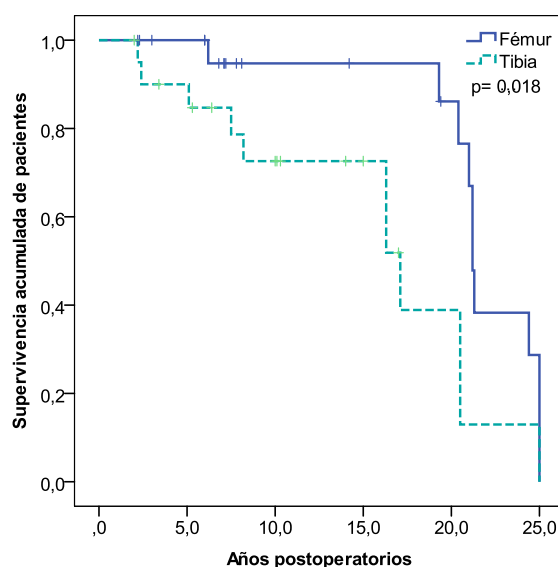
## Resultados oncológicos

En el grupo femoral se presentaron recurrencias tumorales locales en 4 pacientes. En 2 de ellos, se realizaron resecciones de las mismas a los 3 y 10 años, respectivamente. En los otros 2, se realizó amputación del miembro a los 4 y 7 años, respectivamente. En 17 pacientes no había metástasis en la última evaluación, y los otros 7 las presentaron en pulmón (4 pacientes), cerebro (1) y múltiples (2).

En el grupo tibial, se presentaron recurrencias tumorales locales en 3 pacientes. En 2 pacientes a los 2 y 3 años realizándose exéresis de la misma, y en otro a los 2,3 años precisando amputación del miembro. En 15 pacientes no había metástasis en la última evaluación, y los otros 6 las presentaron en pulmón (5 pacientes) y múltiples (1).

Durante el período de estudio, murieron 13 pacientes del grupo femoral, en un tiempo postoperatorio medio de 7,4 años (rango, 2,2-19,4), y en el grupo tibial 10 en un tiempo postoperatorio medio de 8,8 años (rango, 2,0-19,1). No había diferencia significativa en el tiempo de muerte ( $p= 0,561$ ).

La probabilidad de supervivencia de los pacientes, con el método de Kaplan-Meier (Fig. 38), fue del 86,1% (95%IC: 67,6-98,4%) entre los 10 y 15 años postoperatorios, mientras en el grupo tibial fue del 78,6% (95%IC: 59,9-97,3%), siendo la diferencia significativa ( $p= 0,018$ ).



**Fig. 38.** Supervivencia de los pacientes, según Kaplan-Meier

### Resultados funcionales a la última evaluación

Los resultados funcionales son mostrados en la Tabla 9. Excluyendo los pacientes con amputación, la función media con la escala MSTS-II en la última evaluación realizada fue 23,2 en el grupo femoral y de 24,7 en el tibial, sin diferencia significativa ( $p= 0,119$ ).

**Tabla 9.** Resultados funcionales

	Grupo Fémur	Grupo Tibia	p-valor
MSTS	23,2 ± 2,9 (20-29)	24,7 ± 3,2 (20-30)	0,119
Flexión rodilla (°)	96,4 ± 16,6 (30-120)	94,0 ± 6,4 (85-110)	0,591
Déficit extensión (°)	5,2 ± 1,0 (5-10)	7,1 ± 4,0 (5-20)	0,029
Dolor	6,0 ± 1,0 (3-7)	5,3 ± 1,8 (2-8)	0,139
WOMAC	67,0 ± 9,0 (58,3-83,3)	72,4 ± 10,9 (58,3-100)	0,051

Variables cuantitativas: media ± desviación estándar (rango)

La flexión de rodilla fue similar entre ambos grupos ( $p= 0,591$ ). No así el déficit de extensión que era significativamente mayor ( $p= 0,029$ ) en el grupo tibial, como era de esperar al haberse realizado reconstrucción del aparato extensor.

Tampoco había diferencias significativas respecto al dolor al final del seguimiento ( $p= 0,139$ ) o a la calidad de vida medida con WOMAC ( $p= 0,051$ ).

Todos los pacientes, excepto 2 del grupo tibial que no precisaron ayudas, aunque utilizaban ocasionalmente un bastón para la deambulación. Solo 1 paciente del grupo femoral y 4 del tibial retornaron a sus ocupaciones previas.



## 7. DISCUSIÓN

La tibia proximal es la segunda localización más frecuente de los tumores óseos malignos tras el fémur distal (Yao 2017; Mavrogenis 2013; Bickels 2001) y la cirugía reconstructiva es actualmente el tratamiento de elección (Buchner 2003).

Las aloprótesis combinan las ventajas de teóricas de las endoprótesis y de los aloinjertos (Wang 2015), sin embargo, algunos autores han asociado su uso a altas tasas de complicaciones atribuibles a los aloinjertos irradiados (Wunder 2011; Biau 2007).

A pesar de la controversia existente, en la literatura actual sólo hemos encontrado 8 estudios retrospectivos sobre aloprótesis tumorales (Biau 2007; Capanna 2011; Donati 2008; Farfalli 2013; Gilbert 2009; Mo 2013; Müller 2016; Wang 2015), que además consisten de pequeñas series y no comparan las aloprótesis de fémur con los de tibia. Así, era difícil contrastar los resultados dada la heterogeneidad de las muestras y las distintas técnicas utilizadas. Además, algunos de estos estudios no aportaban datos de algunos de los factores o complicaciones de interés.

### **Epidemiología**

Respecto de las variables demográficas, en nuestra muestra la proporción de géneros era similar en el grupo de fémur y de tibia, con aproximadamente la mitad de hombres y mujeres. Lo cual estaba acorde con la mayoría de estudios (Capanna 2011; Farfalli 2013; Müller 2016; Mo 2013; Wang 2015). Por el contrario, en la localización tibial Donati et al (2008) refería 32% de mujeres y Gilbert et al (2009) 17%.

La edad media en el momento de la cirugía del presente estudio fue de aproximadamente 20 años en el grupo femoral y 25 en el tibial, valores similares a los reportados por otros autores (Biau 2007; Donati 2008; Wang 2015), pero inferior a los 35 años referidos por Capanna et al (2011), Farfalli et al (2013) y Gilbert et al (2009), y a los 42 años referidos por Müller et al (2016).

Los osteosarcomas fueron los tumores más prevalentes en ambos grupos del presente estudio (83% de fémur y 81% de tibia), datos coincidentes con la literatura actual (Biau 2007; Donati 2008; Gilbert 2009; Mo 2013; Wang 2015), excepto en las series de Müller et al (2016) y Capanna et al (2011). En la serie de aloprótesis de Müller et al (2016) los osteosarcomas y Ewing representaron el 37%, siendo más frecuente (47%) el tumor de células gigantes. En la serie de Capanna et al (2011), los más frecuentes fueron osteosarcomas y sarcomas sinoviales, pero la serie constaba de solo 14 pacientes.

### **Ventajas teóricas de las aloprótesis**

La reconstrucción con aloinjertos tras cirugía tumoral presenta las ventajas potenciales de la posibilidad de reconstrucción de partes blandas para aportar estabilidad a la rodilla. No obstante la literatura refiere frecuentes fracasos mecánicos (Wunder 2001), como fractura del injerto que dificulta su integración (Campanacci 2015), o microfracturas osteocondrales que propician tempranamente la aparición de secuelas artrósicas (Verbeek 2017).

Las megaprótesis tienen la ventaja de proporcionar una estabilidad inmediata a la rodilla, pero su mayor inconveniente es la dificultad de reconstrucción o re inserción de las partes blandas, especialmente del aparato extensor, y su más frecuente complicación es el aflojamiento aséptico (Capanna 2015; Pala 2015; Toepfer 2017).

Las aloprótesis fueron propuestas en base teóricamente a las ventajas combinadas de la reconstrucción tumoral mediante aloinjerto y megaprótesis (Gilbert 2009; Wang 2015). Aporta estabilidad inmediata a la rodilla, permite una fijación estable del aloinjerto y le descarga de fuerzas de compresión lo que favorece su integración, y permite una reconstrucción más efectiva de las partes blandas, especialmente del aparato extensor (Donati 2008). No obstante, también pueden combinar las complicaciones de aloinjertos y megaprótesis, especialmente el riesgo de infección (Biau 2007; Donati 2008). Una extensa revisión de publicaciones sobre reconstrucción tumoral encontraba que la aloprótesis presentaba menor tasa de complicaciones que otras opciones de reconstrucción (Hornizek 2001).

### **Osteointegración del aloinjerto**

Esta era la variable principal del presente estudio, donde a los 12 meses obtuvimos un resultado de integración ósea excelente o bueno en el 79% del grupo femoral y 81% en el grupo tibial. Hubo 4 aloinjertos (16%) con pobre o nula consolidación, 2 en cada grupo, y uno de ellos con pseudoartrosis de fémur. No hubo fractura ni otras complicaciones del aloinjerto.

Algunos autores referían una inaceptable tasa de complicaciones mecánicas del aloinjerto, como fracturas que dificultaban su integración (Biau 2007, Donati 2008). Sin embargo, estos estudios utilizaron aloinjertos esterilizados con radiación gamma, lo cual se ha visto que reduce las propiedades mecánicas del injerto, su resistencia y así propicia su fractura (Currey 1997; Hernigou 1993; Lietman 2000, y la desvascularización del injerto puede aumentar el riesgo de infección (Wunder 2001).

Por el contrario, otros estudios sobre aloprótesis, utilizando aloinjertos frescos congelados, refieren una drástica disminución de las complicaciones mecánicas (Campanacci 2015; Farfalli 2013; Gilbert 2009; Müller 2016).

Existe gran discrepancia en la manera de fijar establemente el aloinjerto. Unos han utilizado placas atornilladas y otros vástagos protésicos intramedulares largos.

Un estudio (Santoni 2008) informaba que en los primeros 6 meses el injerto óseo sufría cierto grado de reabsorción lo cual disminuía su densidad y resistencia a casi la mitad. Dado que el aloinjerto es avascular, para su consolidación precisa de una estabilidad mecánica prolongada y de la reducción de fuerzas de carga actuando sobre el mismo.

La fijación con placa atornillada se ha mostrado favorecedora de fracturas, debido a la debilidad en los orificios de los tornillos (Clatworthy 2001; Delloye 2002; Thompson 2000).

La fijación con un vástago protésico corto se ha visto incompetente para aportar estabilidad al injerto (Farfalli 2013), mientras que un vástago largo intramedular aporta suficiente estabilidad y una adecuada distribución de las cargas (Muscolo 2005), sobre todo si el vástago es cementado al aportar una fijación más rígida (Gilbert 2009).

Gilbert et al (2009), en una serie de 12 pacientes con tumores tibiales, observaron integración del aloinjerto en al menos tres corticales en 11 casos (91%). En esa serie sistemáticamente aportaban autoinjerto de cresta iliaca en el foco de unión del aloinjerto, mientras que en el presente estudio aportábamos injerto óseo de banco o matriz ósea desmineralizada. Donati et al (2008), revisando 62 aloprótesis tibiales, observaron un 87% de consolidación del aloinjerto, discretamente superior a la nuestra. Entre los 8 fallos de consolidación, 3 aloinjertos sufrieron fractura tras haber sido fijados con placa, y todos consolidaron tras aporte de autoinjerto en el foco. Además, 4 tenían vástago femoral cementado y los otros 4 un vástago femoral no cementado. A pesar de esto, los autores atribuían el fallo al uso de cemento que podría interferir en la unión del aloinjerto con el hueso nativo. Biau et al (2007), en una revisión de 26 aloprótesis tibiales, reportaron 13 aloinjertos (50%) con reabsorción o fractura, alta tasa que atribuyeron al uso de aloinjerto irradiado.

Respecto a la aloprótesis femoral, esos mismos autores (Biau 2006) en una revisión de megaprótesis de los que en 33 eran compuestas con aloinjerto (7 en fémur y 26 en tibia), encontraron déficit de consolidación del autoinjerto, por reabsorción o fractura, en 1 (14%) de fémur y 9 (34%) de tibia. Wang et al (2015), en 32 con tumores femorales, encontraron 2 (6%) con falta de consolidación, pero uno portaba aloinjerto irradiado y el otro autoinjerto reciclado tratado con nitrógeno líquido. En esa serie, además de vástago protésico largo, utilizaron osteosíntesis con placa para fijar el injerto. Mo et al (2013), también utilizando fijación del aloinjerto con placa en 12 pacientes con tumores femorales, comunicaron 2 (16%) de no consolidación.

En resumen, la tasa de consolidación del aloinjerto en el presente estudio era similar o discretamente menor que en aquellos otros estudios que utilizaron aloinjerto congelado sin irradiar, y mejor que aquellos que utilizaron aloinjertos irradiados o fijación del mismo con placa. El mejor resultado de consolidación era reportado por Gilbert et al (2009) utilizando autoinjerto en la zona de transición entre el aloinjerto y el hueso nativo.



### **Complicaciones y supervivencia de la prótesis**

En el presente estudio la supervivencia de la prótesis, excluyendo las causas tumorales y amputaciones, no era estadísticamente diferente entre el grupo femoral y tibial, de 94% a los 10 años para el grupo femoral y del 83% en el tibial. Para la tibia, la mayoría de autores utilizando aloprótesis refieren una supervivencia a 5 años del 73-78% (Farfalli, 2013; Donati 2008). Müller et al (2016) reportaban una supervivencia a 10 años del 79%. Farfalli et al (2013) tampoco observaron diferencias de supervivencia entre la reconstrucción de la tibia o del fémur.

La infección tras aloprótesis es una de las complicaciones más prevalentes en la literatura. En el presente estudio la tasa de infección fue del 4,4%, un paciente en el grupo femoral resuelto con desbridamiento y otro en el grupo tibial que requirió amputación. En la literatura, las tasas de infección profunda varían ampliamente entre 5% y 19% (Müller 2016; Donati 2008), salvo Wang et al (2015) que no reportaba infección en una serie de 41 pacientes con tumores alrededor de la rodilla. Diversos factores se han asociado a la infección tras megaprótesis, como la larga duración de la cirugía, la extensiva disección de partes blandas, el compromiso de la red vascular, el efecto inmunosupresor de la quimioterapia y la cirugía de revisión (Morris 2003).

La incorporación del aloinjerto puede ser un factor potencial añadido para infección, pues con megaprótesis tumoral aislada se describen tasas del 2% al 5% (Liu 2011; Pala 2015). Por otro lado, la tibia es más vulnerable que el fémur, al tener menor cobertura de partes blandas. Diversos autores encontraban que el cubrimiento de la aloprótesis con colgajo de músculo gastronemio era un factor protector, no solo por cubrimiento de partes blandas sino también por favorecer la revascularización de estas y del injerto óseo (Chim 2007; Sönmez 2011; Wang 2012). Solo un estudio refería que la cobertura muscular era indiferente respecto a la aparición de infección (Donati 2008). Un estudio comprobó que la utilización de cobertura muscular reducía la tasa de infección en tres veces (Myers 2007).

Estudios previos encontraban una tasa de infección relevantemente elevada. Donati et al (2008) observaron 19% de infección tras la cirugía primaria de aloprótesis tibial, achacándolo al tratamiento de quimioterapia postoperatoria. En ese estudio utilizaron preferentemente megaprótesis con vástagos no

cementados. Biau et al (2007) también comunicaron una tasa de 23% de infección, que atribuyeron a no realizar cobertura con gastronecmio. Esa cobertura ha sido propuesta por diversos autores para evitar la tensión de partes blandas y reducir el riesgo de infección de la cirugía protésica tumoral (Chim 2007; Sönmez 2011; Wang 2012), y fue utilizada en la aloprótesis tibiales de la nuestra serie.

Comparables a nuestros resultados, era la tasa de infección del 5% reportada por Müller et al (2016) utilizando también aloinjerto en fresco congelado en tibia. Gilbert et al (2009), usaron el mismo procedimiento quirúrgico que en el presente estudio, observando 8% de infección, pero su serie era de solo de 12 pacientes con aloprótesis tibial. Igualmente, Farfalli et al (2013) referían 8%, aunque en esa serie se incluían revisiones por fractura de injerto en cirugías previas. Respecto al fémur, Mo et al (2013) reportaba un caso de infección (8%) que requirió recambio del aloinjerto y posteriormente amputación.

Otra de las complicaciones más prevalentes es el aflojamiento aséptico de la prótesis (fallo tipo 2 Henderson). En la presente serie había una tasa de aflojamiento del 9,5% en el grupo de la tibia y del 8,3% en fémur (2 casos en cada grupo), utilizando en todos los casos prótesis con vástagos cementados.

En la serie de Farfalli et al (2013), había una tasa de aflojamiento de 8,3% utilizando como nosotros una prótesis constreñida, donde el 61% era con vástagos cementados.

Biau et al (2007), en una revisión de 26 aloprótesis de tibia distal, encontraron 7 (27%) de aflojamientos, pero ellos utilizaron aloinjertos radiados y 5 aflojamientos fueron debidos a fractura del injerto y a reabsorción del mismo en los otros dos. Donati et al (2008) refería una tasa de aflojamiento del 3% en aloprótesis tibiales. Mo et al (2013) en 12 aloprótesis de fémur refería 1 caso (8%) con aflojamiento, debido a fractura del injerto.

### **Resultados oncológicos y supervivencia pacientes**

Respecto a los resultados oncológicos en el presente estudio, un total de 23 (50%) pacientes habían muerto en un plazo medio de 8 años. La mortalidad en el grupo tibial era 47,6%, aunque la probabilidad estadística de supervivencia a 10 años del 79%. En el grupo femoral la mortalidad fue de 54%, con una probabilidad

estadística de supervivencia a 10 años del 86%. En el grupo tibial presentaron recurrencias locales en 3 (14%) y en el femoral 4 (16,6%).

Estos hallazgos eran congruentes con los de otros autores (Donati 2008; Gilbert 2009), pero mejores que los de Biau et al (2007) e inferiores a los de Müller et al (2016), com puede compararse en la Tabla 10.

En estudios previos (Biau 2007; Gilbert 2009; Mo 2013), tasa de pacientes vivos libres de enfermedad para ambos grupos era mayor, pero hay que considerar que el seguimiento de estos estudios era en general bastante menor que en el nuestro. Salvo por el tiempo de seguimiento, no podemos explicar la discrepancia en la tasa de mortalidad respecto al presente estudio, pues los márgenes de resección, el tratamiento quimioterápico adyuvante y los tipos de tumores fueron similares. Desconocemos si el uso de aloinjerto irradiado ha podido influir, o si los estadios tumorales eran menos avanzados, o incluso si el tiempo de diagnóstico e inicio del tratamiento fueron menores.

**Tabla 10.** Discusión respecto a literatura actual

Estudio	n	Segui- miento	Fallecidos	Probabilidad supervivencia paciente	Vivos libres enferm
Biau 2007	26 tibia	128 m	38%	68% (a 5 años)	62%
Donati 2008	62 tibia	72 m	21%	73% (a 5 años)	79%
Gilbert 2009	12 tibia	49 m	25%	79% (a 5 años)	75%
Capanna 2011	14 varios	56 m	28%	N/A	57%
Mo 2013	12 fémur	46 m	8%	N/A	91%
Wang 2015	32 fémur	54 m	2%	N/A	76%
Müller 2016	19 tibia	62 m	N/A	94% (a 10años)*	N/A
Propio	24 fémur	150m	54%	86% (a 10 años)	17%
	21 tibia	134 m	47%	79% (a 10 años)	24%

N/A: no aportado. \*conservación de la extremidad.

### Resultados funcionales

En el presente estudio, excluyendo los casos de amputación, la función media obtenida en la escala MSTS-II fue de 23 puntos (77% del máximo posible) en el grupo femoral y de 25 puntos (83%) en el grupo tibial, sin diferencia entre ambos. Estos hallazgos eran comparables a otros estudios para el fémur (Mo 2013;

Wang 2015) o la tibia (Capanna 2011; Farfalli 2013; Gilbert 2009). Donati et al (2008) referían un MSTS de 19 puntos en el 90% de los pacientes, pero habían excluido a un tercio de los mismos por seguimiento menor 2 años.

En el presente estudio la función pudo ser relevantemente mejorada debido a la efectividad en la reconstrucción del aparato extensor de la rodilla. Diversos factores pueden influir en el resultado de la reconstrucción del aparato extensor, pero la cobertura con colgajo de músculo gastrocnemio parecer favorable para la revascularización del tendón del aloinjerto suturado al tendón nativo (Malawer 1984; Gilbert 2009). Utilizando para la reconstrucción del aparato extensor la sutura del tendón rotuliano del aloinjerto al tendón nativo y cobertura con colgajo de gastrocnemio, en nuestro estudio no hubo pacientes con rotura manifiesta del aparato extensor. Utilizando la misma técnica de reconstrucción otro estudio tampoco refería roturas del aparato extensor (Müller 2016). Gilbert et al (2009) refería una rotura tras traumatismo de alta energía. Contrariamente, Donati et al (2008) con técnica de reconstrucción similar a la nuestra reportaban rotura en 9 pacientes (14%). Con otras técnicas de reconstrucción, Biau et al (2007) reportaron rotura del aparato extensor en 6 pacientes (23%), Capanna et al (2011), referían 2 roturas (14%) utilizando un aloinjerto de tibia junto a todo su aparato extensor, incluida rótula y tendón cuadricipital.

En nuestro estudio, la flexión media en el grupo de aloprótesis tibial con reconstrucción del aparato extensor fue de 94° y el déficit de extensión de 7°. En el grupo de aloprótesis de fémur la flexión media fue similar (96°) y el déficit de extensión algo inferior (5°), como era de esperar al no haber reconstrucción aparato extensor. Diversos estudios (Farfalli 2013; Müller 2016) referían un rango de movilidad similar. Gilbert et al (2009) encontró una flexión de 103°, y solo reportaba que la cuarta parte de los pacientes tuvieron algún déficit de extensión, aunque desconocemos el rango. Donati et al (2008), a pesar de una alta de fracasos de aparato extensor, refería un déficit de extensión de solo 5° tras revisión quirúrgica.

Con otras técnica de reconstrucción del aparato extensor, Biau et al (2007) referían déficit de extensión de 0°-60°; Capanna et al (2011) una flexión media de 94° y déficit de extensión de 15°.

A nivel de aloprótesis del fémur distal, otros autores encontraban rangos de movilidad similares a los nuestros (Mo 2013; Wang 2015).

Los estudios sobre aloprótesis por tumores alrededor de la rodilla valoraban el resultado funcional solo con la escala MSTTS, pero no evaluaban la calidad de vida de los pacientes. En el presente estudio, la escala WOMAC era mejor en los pacientes del grupo fémur que en los del tibia, aunque la diferencia era “cuasi” significativa ( $p=0,051$ ).

### **Limitaciones y fortalezas**

El presente estudio tiene diversas limitaciones. La primera es su diseño retrospectivo. No obstante, la relativa escasa frecuencia de esta patología hace poco atractivo y eficiente el realizar un estudio prospectivo, como ocurre en todas las aportaciones a la literatura. Otra limitación es el tamaño de la muestras, pero dada la frecuencia de los tumores óseos malignos y el hecho de tener que individualizar el tratamiento para cada paciente, resulta difícil obtener muestras grandes u homogéneas. Aún así, este estudio presentaba un tamaño equivalente a los mayores publicados hasta la fecha.

Pensamos que las fortalezas de este estudio es la homogeneidad de las indicaciones quirúrgicas, de las técnicas quirúrgicas empleadas y de haber sido estas realizadas por un solo equipo quirúrgico, minimizando así algunos de los sesgos para evaluación de resultados. Otra fortaleza es el tiempo de seguimiento de los pacientes, superior a la mayoría de los estudios sobre aloprótesis publicados hasta la fecha.



## 8. CONCLUSIONES

1. El tratamiento con aloprótesis para tumores malignos del fémur distal ha mostrado una efectividad al menos similar que para los tumores de la tibia proximal.
2. La integración del aloinjerto no presentaba complicaciones mecánicas en ambos grupos, utilizando un vástago largo cementado.
3. El estadio avanzado tumoral (IIA-III) era un factor predictor independiente para obtener una insatisfactoria osteointegración del aloinjerto, por lo que en estos casos sería recomendable el aporte de algún tipo de injerto en el foco.
4. En el caso de la tibia, la reconstrucción utilizada con sutura del tendón rotuliano del aloinjerto al tendón nativo y cobertura con gastrocnemio ha mostrado su efectividad.
5. La supervivencia de la prótesis era favorable en ambas localizaciones.
6. La tasa de recurrencias locales de los tumores, en ambas localizaciones, era aceptable.
7. La supervivencia de los pacientes era similar para ambas localizaciones.
8. En los supervivientes, los resultados funcionales, de movilidad de la rodilla y de calidad de vida era similares para ambas localizaciones del tumor.
9. A la vista de lo anterior, rechazamos la hipótesis nula, encontrando que la aloprótesis para tumores del fémur distal es tan efectiva como para tumores de la tibia proximal.





---

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aboulafia A, Ramos LR, eds. (2014). Tumores óseos malignos. *Monografías AAOS-SECOT*. Madrid: SECOT.
- Abraham J (2014). Muculoeskeletal oncology En: Cannada LS (ed). *Orthopaedic Knowledge Update* (OKU) 11, chapter 22. Rosemont, USA: American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS).
- Akula M, Gella S, Shaw CJ, McShane P, Mohsen AM (2011). A meta-analysis of amputation versus limb salvage in mangled lower limb injuries--the patient perspective. *Injury* 42:1194-7.
- Albergo JI, Gaston CL, Aponte-Tinao LA, Ayerza MA, Muscolo DL, Farfalli GL, Jeys LM, Carter SR, Tillman RM, Abudu AT, Grimer RJ (2017). Proximal tibia reconstruction after bone tumor resection: are survivorship and outcomes of endoprosthetic replacement and osteoarticular allograft similar? *Clin Orthop Relat Res* 475:676-82.
- Anract P, Missenard G, Jeanrot C, Dubois V, Tomeno B (2001). Knee reconstruction with prosthesis and muscle flap after total arthroectomy. *Clin Orthop Relat Res* 384:208-16.
- Anto D, Manjooran RP, Aravindakshan R, Lakshman K, Morris R. Cranioplasty Using Autoclaved Autologous Skull Bone Flaps Preserved at Ambient Temperature (2017). *J Neurosci Rural Pract* 8:595-600.
- Antonescu CR, Huvos AG (2000). Low-grade osteogenic sarcoma arising in medullary and surface osseous locations. *Am J Clin Pathol* 114 (suppl):S90-103.
- Aponte-Tinao L, Ayerza MA, Muscolo DL, Farfalli GL (2015). Survival, recurrence, and function after epiphyseal preservation and allograft reconstruction in osteosarcoma of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 473:1789-96.
- Aponte-Tinao L, Farfalli GL, Ritacco LE, Ayerza MA, Muscolo DL (2012). Intercalary femur allografts are an acceptable alternative after tumor resection. *Clin Orthop Relat Res* 470:728-34.
- Arroyo JS, Garvin KL, Neff JR (1997). Arthrodesis of the knee with a modular titanium intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am* 79:26-35.
- Asavamongkolkul A, Waikakul S, Phimolsarnti R, Kiatisevi P, Wangsaturaka P (2007). Endoprosthetic reconstruction for malignant bone and soft-tissue tumors. *J Med Assoc Thai* 90:706-17.

- Attia T, Tupy J, Asker D, Hatton B, Gryn timer M, Willett T (2017). The effect of ribose pre-treatment of cortical bone on  $\gamma$ -irradiation sterilization effectiveness. *Cell Tissue Bank* 18:555-60.
- Auregan JC, Lin JD, Lombardi JM, Jang E, Macaulay W, Rosenwasser MP (2016). The hemi soleus rotational flap provides a novel superior autograft reconstructive option for the treatment of chronic extensor mechanism disruption. *Arthroplast Today* 2:49-52.
- Ayerza MA, Aponte-Tinao LA, Abalo E, Muscolo DL (2006). Continuity and function of patellar tendon host-donor suture in tibial allograft. *Clin Orthop Relat Res* 450:33-8.
- Baixauli F, Amaya J, Angulo M, Baeza J, Fernández E, Mut T (2014). Estado actual de las metástasis óseas. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular* 257: 1-3.
- Bargiotas K, Wohlrab D, Sewecke JJ, Lavinge G, Demeo PJ, Sotereanos NG (2006). Arthrodesis of the knee with a long intramedullary nail following the failure of a total knee arthroplasty as the result of infection. *J Bone Joint Surg Am* 88:553-8.
- Bargiotas K, Wohlrab D, Sewecke JJ, Lavinge G, Demeo PJ, Sotereanos NG (2007). Arthrodesis of the knee with a long intramedullary nail following the failure of a total knee arthroplasty as the result of infection. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 89:103-10.
- Bellamy N, Buchanan W, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW (1988). Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip and the knee. *J Rheumatol* 15:1833-40.
- Bernthal NM, Greenberg M, Heberer K, Eckardt JJ, Fowler EG (2015). What are the functional outcomes of endoprosthetic reconstructions after tumor resection? *Clin Orthop Relat Res* 473:812-9.
- Bi W, Wang W, Han G, Jia J, Xu M (2013). Osteosarcoma around the knee treated with neoadjuvant chemotherapy and a custom-designed prosthesis. *Orthopedics* 36:444-50.
- Biau D, Faure F, Katsahian S, Jeanrot C, Tomeno B, Anract P (2006). Survival of total knee replacement with a megaprosthesis after bone tumor resection. *J Bone Joint Surg Am* 88:1285-93.
- Biau DJ, Dumaine V, Babinet A, Tomeno B, Anract P (2007). Allograft-prosthesis composites after bone tumor resection at the proximal tibia. *Clin Orthop Relat Res* 456:211-7.

- Biazzo A, De Paolis M (2016). Multidisciplinary approach to osteosarcoma. *Acta Orthop Belg* 82:690-8.
- Bickels J, Wittig JC, Kollender Y, Neff RS, Kellar-Graney K, Meller I, Malawer MM (2001). Reconstruction of the extensor mechanism after proximal tibia endoprosthesis replacement. *J Arthroplasty* 16:856-62.
- Boyce T, Edwards J, Scarborough N (1999). Allograft bone. The influence of processing on safety and performance. *Orthop Clin North Am* 30:571-81.
- Brown D, Shirzad K, Lavigne SA, Crawford DC (2011). Osseous integration after fresh osteochondral allograft transplantation to the distal femur: a prospective evaluation using computed tomography. *Cartilage* 2:337-45.
- Bruno AA, Kirienko A, Peccati A, Dupplicato P, De Donato M, Arnaldi E, Portinaro N (2017). Knee arthrodesis by the Ilizarov method in the treatment of total knee arthroplasty failure. *Knee* 24:91-99.
- Buchner M, Zeifang F, Bernd L (2003). Medial gastrocnemius muscle flap in limb-sparing surgery of malignant bone tumors of the proximal tibia: mid-term results in 25 patients. *Ann Plast Surg* 51:266-72.
- Burnett RS, Berger RA, Paprosky WG, Della Valle CJ, Jacobs JJ, Rosenberg AG (2004). Extensor mechanism allograft reconstruction after total knee arthroplasty. A comparison of two techniques. *J Bone Joint Surg Am* 86: 2694-9.
- Bus MP, van de Sande MA, Fiocco M, Schaap GR, Bramer JA, Dijkstra PD (2017). What Are the Long-term Results of MUTARS® Modular Endoprostheses for Reconstruction of Tumor Resection of the Distal Femur and Proximal Tibia? *Clin Orthop Relat Res* 475:708-18.
- Busse JW, Jacobs CL, Swiontkowski MF, Bosse MJ, Bhandari M (2007). Complex limb salvage or early amputation for severe lower-limb injury: a meta-analysis of observational studies. *J Orthop Trauma* 21:70-6.
- Campanacci DA, Dursky S, Totti F, Frenos F, Scoccianti G, Beltrami G, Capanna R (2015). Osteoarticular allografts in paediatric bone tumor reconstruction of the knee. *J Biol Regul Homeost Agents* 29:111-9.
- Campanacci L, Alí N, Casanova JM, Kreshak J, Manfrini M (2015). Resurfaced allograft-prosthetic composite for proximal tibial reconstruction in children: intermediate-term results of an original technique. *J Bone Joint Surg Am* 97:241-50.
- Capanna R, Morris HG, Campanacci D, Del Ben M, Campanacci M (1996). Modular uncemented prosthetic reconstruction after resection of tumours of the distal femur. *J Bone Joint Surg Br* 76: 178-86.

- Capanna R, Scocciati G, Campanacci DA, Beltrami G, De Biase P (2011). Extraarticular Knee Resection with Prosthesis–Proximal Tibia-extensor Apparatus Allograft for Tumors Invading the Knee. *Clin Orthop Relat Res* 469:2905–14.
- Capanna R, Scocciati G, Frenos F, Vilardi A, Beltrami G, Campanacci DA (2015). What was the survival of megaprotheses in lower limb reconstructions after tumor resections? *Clin Orthop Relat Res* 473:820-30.
- Cervelló S, Salom M, Forriol F, Cañellas D, Castejón M (1998). Indicaciones actuales de la artrodesis de rodilla. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 42:341-5.
- Cetrulo CL Jr, Shiba T, Friel MT, Davis B, Buntic RF, Buncke GM, Brooks D (2008). Management of exposed total knee prostheses with microvascular tissue transfer. *Microsurgery* 28:617–22.
- Chakrabarti N, Dewasi N, Das S, Bandyopadhyay A, Bhaduri N (2015). Primary Ewing's sarcoma/primitive neuroectodermal tumor of kidney: a diagnostic dilemma. *Iran J Cancer Prev* 8:129-33.
- Chen G, Zhang H, Ma Q, Zhao J, Zhang Y, Fan Q, Ma B (2016). Fresh-frozen Complete Extensor Mechanism Allograft versus Autograft Reconstruction in Rabbits. *Sci Rep* 6:1-12.
- Chen YU, Xu SF, Xu M, Yu XC (2015). Postoperative infection and survival in osteosarcoma patients: Reconsideration of immunotherapy for osteosarcoma. *Mol Clin Oncol* 3:495-500.
- Chien WH, Chen IC, Tan TS, Tang YW (2007). Salvage of knee joint tumor prosthesis using turnover reverse-flow descending branch of lateral circumflex femoral artery as recipient vessel for the free ALT flap: A case report. *J Reconstr Microsurg* 23:505–9.
- Chim H, Tan BK, Tan MH, Tan KC, Song C (2007). Optimizing the use of local muscle flaps for knee megaprosthesis coverage. *Ann Plast Surg* 59:398-403.
- Choong PF, Sim FH, Pritchard DJ, Rock MG, Chao EY (1996). Megaprotheses after resection of distal femoral tumors. A rotating hinge design in 30 patients followed for 2-7 years. *Acta Orthop Scand* 67: 345-51.
- Christie MJ, DeBoer DK, McQueen DA, Cooke FW, Hahn DL (2003). Salvage procedures for failed total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 85A: 58-62.
- Contreras NA, Sosa R, Green D (2005). Metástasis óseas a propósito de un caso. *Médica Sur* 12: 122-8.
- Conway JD, Mont MA, Bezwada HP (2004). Arthrodesis of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 86A: 835-48.

- 
- Coraça-Huber DC, Ammann CG, Nogler M, Fille M, Frommelt L, Kühn KD, Fölsch C (2016). Lyophilized allogeneic bone tissue as an antibiotic carrier. *Cell Tissue Bank* 17:629-42.
- Corr AM, Liu W, Bishop M, Pappo A, Srivastava DK, Neel M, Rao B, Wilson T, Ness KK (2017). Feasibility and functional outcomes of children and adolescents undergoing preoperative chemotherapy prior to a limb-sparing procedure or amputation. *Rehabil Oncol* 35:38-45.
- Corten K, Struelens B, Evans B, Graham E, Bourne RB, MacDonald SJ (2013). Gastrocnemius flap reconstruction of soft-tissue defects following infected total knee replacement. *Bone Joint J* 95: 1217-21.
- Cortés-Rodríguez R, Castañeda-Pichardo G, Tercero-Quintanilla G (2009). Funcionalidad de la endoprótesis tumoral femoral y tibial no convencional para niños «RC-10» en pacientes con osteosarcoma. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/imi/imi-2009/imi093d.pdf> (Citado 8/12/2017).
- Coventon J (2017). A review of the mechanism of action and clinical applications of sorafenib in advanced osteosarcoma. *Journal of Bone Oncology* 8: 4-7.
- Cunha-Gomes D, Manglani HH, Bhathena H, Badhwar R, Kavarana NM (1999). Gastrocnemius muscle transfer in limb-sparing surgery for bone tumors around the knee. *Acta Chir Plast* 41:3-6.
- Damron TA, McBeath AA (1995). Arthrodesis following failed total knee arthroplasty: comprehensive review and meta-analysis of recent literature. *Orthopedics* 18: 361-8.
- D'Avila F, Franco D, D'Avila B, Arnaut M (2014). Use of local muscle flaps to cover leg bone exposures. *Rev Col Bras Cir* 41:434-9.
- De Miguel GC, Abrantes AM, Laranjo M, Kitagawa Grizotto AY, Camporeze B, Pereira JA, Brites G, Serra A, Pineiro M, Rocha-Gonsalves A, Botelho MF, Priolli DG (2017). A new therapeutic proposal for inoperable osteosarcoma: Photodynamic therapy. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 21:79-85.
- Dhanoa A, Singh VA, Shanmugam R, Rajendram R (2010). Major surgery in an osteosarcoma patient refusing blood transfusion: case report. *World J Surg Oncol* 8:96. doi: 10.1186/1477-7819-8-96.
- Die J. Amputar o no amputar esa es la cuestión (2003). *Cir Esp* 73:314-7.
- Domenech G, Moreno M, Fernández-Villacañas MA, Capel A, Domenech P (2001). Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla. *Jano. Medicina y Humanidades*. Disponible en: <http://www.jano.es/ficheros/sumarios>. (Citado 11/11/2017).
-

- Dominkus M, Sabeti M, Toma C, Abdolvahab F, Trieb K, Kotz RI (2006). Reconstructing the extensor apparatus with a new polyester ligament. *Clin Orthop Relat Res* 453: 328-34.
- Donati D, Colangeli M, Colangeli S, Di Bella C, Mercuri M (2008). Allograft-prosthetic composite in the proximal tibia after bone tumor resection. *Clin Orthop Relat Res* 466:459-65.
- Doncel A, Majó J (2003). Tumores óseos en atención primaria. *Med Integral* 41:145-50.
- Donley BG, Matthews LS, Kaufer H (1991). Arthrodesis of the knee with an intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am* 73: 907-13.
- Dos Santos A, Meohas W, Ribeiro GO, de Sá Lopes AC, Gholamin S, Razavi M, Hanae Kasai Brunswick T, Avan A, Matheus Guimarães JA, Leite Duarte ME, Kahn SA (2017). Patient-derived osteosarcoma cells are resistant to methotrexate. *PLoS One* 12:1-17.
- Ehrler DM, Vaccaro AR (2000). The use of allograft bone in lumbar spine surgery. *Clin Orthop* 371:38-45.
- Ek EW, Rozen WM, Ek ET, Rudiger HA (2011). Surgical options for reconstruction of the extensor mechanism of the knee after limb-sparing sarcoma surgery: an evidence-based review. *Arch Orthop Trauma Surg* 131:487-95.
- El-Sherbiny M (2008). Pedicled gastrocnemius flap: clinical application in limb sparing surgical resection of sarcoma around the knee region and popliteal fossa. *J Egypt Natl Canc Inst* 20:196-207.
- Emerson RJ, Head WC, Malinin TI (1990). Reconstruction of patellar tendon rupture after total knee arthroplasty with an extensor mechanism allograft. *Clin. Orthop. Relat. Res* 260: 154-61.
- Encinas-Ullán CA, Ortiz-Cruz EJ, Valencia-Mora M, Barrientos-Ruiz I, González-López JM (2012). Osteosarcomas parostales: resultados infrecuentes. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 56:281-5.
- Enneking WF (1986). A system of staging musculoskeletal neoplasms. *Clin Orthop Relat Res* 204:9-24.
- Enneking WF, Dunham W, Gebhardt MC, Malawar M, Pritchard DJ (1993). A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system. *Clin Orthop Relat Res* 286:241-6.
- Enneking WF, Shirley PD (1977). Resection-arthrodesis for malignant and potentially malignant lesions about the knee using an intramedullary rod and local bone grafts. *J Bone Joint Surg Am* 59:223-36.

- 
- Enneking WF, Wolf RE (1996). The staging and surgery of musculoskeletal neoplasm. *Clin Orthop Relat Res* 27:433-81.
- Farfalli GL, Aponte-Tinao LA, Ayerza MA, Muscolo DL, Boland PJ, Morris CD, Athanasian EA, Healey JH (2013). Comparison between constrained and semiconstrained knee allograft-prosthesis composite reconstructions. *Sarcoma* 2013:489652. doi: 10.1155/2013/489652.
- Farid Y, Lin PP, Lewis VO, Yasko AW (2006). Endoprosthetic and allograft-prosthetic composite reconstruction of the proximal femur for bone neoplasms. *Clin Orthop Relat Res* 442:223-9.
- Ferrández L, Gómez-Castresana (2010) F. En: Forriol F (ed). Manual de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Madrid: Ed. Panamericana, p. 403-8.
- Fulkerson JP, Leyes M (eds) (2007). Dolor anterior de la rodilla. Monografía AAOS-SECOT 2. Madrid: Ed. Panamericana.
- Garberina MJ, Fitch RD, Hoffmann ED, Hardaker WT, Vail TP, Scully SP (2001). Knee arthrodesis with circular external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 382:168-78.
- Gil J, Garrido R, Gil R. Estado actual de los injertos óseos (2001). Biología, función, conservación, riesgo de transmisión de enfermedades, inmunogenicidad e incorporación. *Revista Española de Cirugía Articular* 36:23-32.
- Gilbert NF, Yasko AW, Oates SD, Lewis VO, Cannon CP, Lin PP (2009). Allograft-prosthetic composite reconstruction of the proximal part of the tibia: an analysis of the early results. *J Bone Joint Surg Am* 91:1646-56.
- Gitelis S, Piasecki P (1991). Allograft prosthetic composite arthroplasty for osteosarcoma and other aggressive bone tumors. *Clin Orthop Relat Res* 270:197-201.
- Glasser D, Langlais F (1991). The ISOLS radiological implants evaluation system. En: Langlais F, Tomeno B (eds). Limb salvage: major reconstructions in oncologic and nontumoral conditions. Berlin: Springer, p. 23-31.
- Gosheger G, Hillmann A, Lindner N, Rödl R, Hoffmann C, Bürger H, Winkelmann W (2001). Soft tissue reconstruction of megaprotheses using a trevira tube. *Clin Orthop Relat Res* 393: 264-71.
- Grammatico S, Scalzulli E, Petrucci MT (2017). Solitary plasmacytoma. *Mediterr J Hematol Infect Dis* 9(1):e2017052. doi: 10.4084/MJHID.
- Greenspan A, Remagen W (2002). Tumores de huesos y articulaciones. Madrid: Marbán Ed.
- Grimer R, Taminiau A, Cannon S (2002). Surgical outcome in osteosarcoma. *J Bone Joint Surg Br* 84B:395-400.
-

- Hak DJ, Lieberman JR, Finerman GA (1995). Single plane and biplane external fixators for knee arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res* 316:134-44.
- Ham SJ, Schraffordt Koops H, Veth RP, van Horn JR, Molenaar WM, Hoekstra HJ (1998). Limb salvage surgery for primary bone sarcoma of the lower extremities: long-term consequences of endoprosthetic reconstructions. *Ann Surg Oncol* 5:423-36.
- Han G, Wang Y, Bi WZ, Wang DJ, Lu SB, Zhang L, Zhao B (2012). Magnetic resonance imaging is appropriate for determining the osteotomy plane for appendicular osteosarcoma after neoadjuvant chemotherapy. *Med Oncol* 29 :1347-53.
- Hankiss J, Schmitz C (2013). The soleus muscle flap. *Oper Orthop Traumatol* 25:145-51.
- Hanna SA, Sewell MD, Aston WJ, Pollock RC, Skinner JA, Cannon SR, Briggs TW (2010). Femoral diaphyseal endoprosthetic reconstruction after segmental resection of primary bone tumours. *J Bone Joint Surg Br* 92:867-74.
- Hardes J, Gebert C, Schwappach A, Ahrens H, Streitburger A, Winkelmann W, Gosheger G (2006). Characteristics and outcome of infections associated with tumor endoprostheses. *Arch Orthop Trauma Surg* 126:289-96.
- Harrell CR, Djonov V, Fellabaum C, Volarevic V (2018). Risks of Using Sterilization by Gamma Radiation: The Other Side of the Coin. *Int J Med Sci* 15:274-9.
- Harvie P, Whitwell D (2013). Metastatic bone disease. Have we improved after a decade of guidelines? *BJR* 2:96-101.
- Heisel C, Breusch SJ, Schmid G, Bernd L (2004). Lower limb salvage surgery with MUTARS endoprostheses: 2 to 7 year results. *Acta Orthop Belg* 70:142-7.
- Henderson ER, Groundland JS, Pala E, Denis JA, Wooten R, Cheong D, Windhager R, Kotz RI, Mercuri M, Funovics PT, Hornicek FJ, Temple HT, Ruggieri P, Letson GD (2011). Failure mode classification for tumor endoprostheses: retrospective review of five institutions and a literature review. *J Bone Joint Surg Am* 93:418-29.
- Hernigou P, Delepine G, Goutallier D, Julieron A (1993). Massive allografts sterilised by irradiation: clinical results. *J Bone Joint Surg Br* 75:904-13.
- Herry Y, Boucher F, Neyret P, Ferry T, Lustig S (2016). Three-step sequential management for knee arthroplasty after severe ballistic injury: Two cases. *Orthop Traum Surg Res* 102:131-4.
- Hierner R, Reynders-Frederix P, Bellemans J, Stuyck J, Peeters W (2009). Free myocutaneous latissimus dorsi flap transfer in total knee arthroplasty. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 62:1692-700.
- Hobusch GM, Funovics PT, Hourscht C, Domayer SE, Puchner SE, Dominkus M, Windhager R (2016). LARS® band and tube for extensor mechanism reconstructions in proximal tibial modular endoprostheses after bone tumors. *Knee* 23:905-10.



- 
- Hoffer FA, Nikanorov AY, Reddick WE, Bodner SM, Xiong X, Jones-Wallace D, Gronemeyer SA, Rao BN, Kauffman WM, Laor T (2000). Accuracy of MR imaging for detecting epiphyseal extension of osteosarcoma. *Pediatr Radiol* 30:289-98.
- Hohmann E, Wansbrough G2, Senewiratne S2, Tetsworth K3 (2016). Medial Gastrocnemius Flap for Reconstruction of the Extensor Mechanism of the Knee Following High-Energy Trauma. A minimum 5 year follow-up. *Injury* 47:1750-55.
- Holzapfel BM, Rechl H, Lehner S, Pilge H, Gollwitzer H, Steinhäuser E (2011). Alloplastic reconstruction of the extensor mechanism after resection of tibial sarcoma. *Sarcoma* 2011:545104. doi: 10.1155/2011/545104.
- Hornicek FJ Jr, Mnaymneh W, Lackman RD, Exner GU, Malinin TI (1998). Limb salvage with osteoarticular allografts after resection of proximal tibia bone tumors. *Clin Orthop Relat Res* 352:179-86.
- Horowitz SM, Lane JM, Healey JH (1992). Soft-tissue management with prosthetic replacement for sarcomas around the knee. *Clin Orthop Relat Res* 275:226-31.
- Ilyas I, Kurar A, Moreau PG, Younge DA (2001). Modular megaprosthesis for distal femoral tumors. *Int Orthop* 25:375-7.
- Imanishi J, Grinsell D, Choong PF (2015). Bone-patellar tendon-bone allograft reconstruction for peri-patellar tendon sarcomas: case series. *Springerplus* 4:740. doi: 10.1186/s40064-015-1510-9.
- Incavo SJ, Lilly JW, Bartlett CS, Churchill DL (2000). Arthrodesis of the knee: experience with intramedullary nailing. *J Arthroplasty* 15: 871-6.
- Insall J, Scott WN (eds) (2007). Cirugía de la rodilla. Madrid: Ed. Elsevier.
- Jaffe N, Puri A, Gelderblom H (2013). Osteosarcoma: evolution of treatment paradigms. *Sarcoma* 2013:1-7.
- Jawad MU, Scully SP (2010). In Brief: Classifications in Brief: Enneking Classification: Benign and Malignant Tumors of the Musculoskeletal System. *Clin Orthop Relat Res* 468: 2000-2.
- Jentzsch T, Erschbamer M, Seeli F, Fuchs B (2013). Extensor function after medial gastrocnemius flap reconstruction of the proximal tibia. *Clin Orthop Relat Res* 471:2333-9.
- Jepegnanam TS, Boopalan PR, Nithyananth M, Titus VT (2009). Reconstruction of complete knee extensor mechanism loss with gastrocnemius flaps. *Clin Orthop Relat Res* 467:2662-7.
- Ji T, Tang X, Guo W (2013). The Use of Ligament Advanced Reinforcement System (LARS) in Limb Salvage Surgery: A Pilot Clinical Study. *The Journal of Arthroplasty* 28: 892-4.
-

- Kamal AF, Widyawarman H, Husodo K, Hutagalung EU, Rajabto W (2016). Clinical Outcome and Survival of Osteosarcoma Patients in Cipto Mangunkusumo Hospital: Limb Salvage Surgery versus Amputation. *Acta Med Indones* 48:175-83.
- Kang DJ, Kim JI, Oh JS, Moon TY, Lee S (2011). Functional and Radiological Results of Intermediate-term Follow Up in MUTARS® Tumor Endoprostheses. *J Korean Bone Joint Tumor Soc* 17:36-43.
- Karadsheh M (2017). Extremity flaps reconstruction. *Orthobullets* Disponible en: <https://www.orthobullets.com/hand/6059/extremity-flap-reconstruction>. (Citado 24/11/2017).
- Kim RH, Randolph AH, Tirre CJ, Morrey M, Jennings JM (2017). Patellar tendon reconstruction using an extended gastrocnemius flap following cryogenic injury to the knee. *Knee* 24:686-91.
- Krieg AH, Davidson AW, Stalley PD (2007). Intercalary femoral reconstruction with extracorporeal irradiated autogenous bone graft in limb-salvage surgery. *J Bone Joint Surg Br* 89: 366–71.
- Kulkarni RS, Parikh SK, Anand AS, Panchal HP, Patel AA, Trivedi P, Joshi K, Chirmade P (2017). Solitary plasmacytoma of bone involving spine in a 12-year-old boy: report of a rare case and review of literature. *J Pediatr Neurosci* 12:67-71.
- Kumar P, Sharma SC, Saikia UN, Kumar N, Vyas S, Angurana SL (2011). Solitary plasmacytoma of the proximal tibia in an adolescent. *Pediatr Blood Cancer* 56:158-60.
- Kwan MK, Ng ES, Penafort R, Saw A, Sengupta S (2005). Resection arthrodesis for primary bone tumour about the knee. *Med J Malaysia* 60:66-71.
- Lai Q, Ye C, Gao T, Xiao J, Xie A, Liu X, Yu X, Liu J, Dai M, Liu H, Zhang B (2017). Therapeutic effect of neoadjuvant chemotherapy combined with curettage to treat distal femoral osteosarcoma: A case report. *Medicine (Baltimore)* 96:e8672. doi: 10.1097/MD.00000000000008672.
- Lang NW, Hobusch GM, Funovics PT, Windhager R, Hofstaetter JG (2015). What sports activity levels are achieved in patients with modular tumor endoprostheses of osteosarcoma about the knee? *Clin Orthop Relat Res* 473:847-54.
- Langlais F, Belot N, Thomazeau H, Hutten D, Lambotte JC, Dreano T (2009). Tumores óseos malignos de la rodilla: exéresis y reconstrucción. *EMC - Técnicas Quirúrgicas - Ortopedia y Traumatología* 1:1-15.
- Latarjet M, Ruiz A (eds) (2011). Anatomía humana I. Madrid: Ed. Médica Panamericana.
- Lee SH, Oh JH, Yoo KH, Kim HS (2002). Infection after prosthetic reconstruction in limb salvage surgery. *Int Orthop* 26: 179-84.

- 
- Lisenda L, Linda ZA, Snyman FPJ, Kyte RD, Lukhele M (2017). Osteosarcoma patient outcomes at a South African tertiary hospital. *S Afr Med J* 107:754-7.
- Liu T, Liu Z-Y, Zhang Q, Zhang X-S (2013). *Bone Joint J* 95: 1275-9.
- Lonner JH (2010). Maximizing graft tension key in extensor mechanism allograft reconstruction. *Orthopedics Today*. Disponible en: <https://www.healio.com/orthopedics/knee>. (Citado 20/11/2017).
- López- JJ, Puertas P, Fernández JA, Calatayud JA, Clavel C (2012). Tratamiento mediante aloinjertos óseos estructurales en resecciones por tumores óseos de huesos largos. Revisión de 37 casos. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 56:286-94.
- Lucas AD, Forrey C, Saylor DM, Vorvolakos K (2017). Solvent or thermal extraction of ethylene oxide from polymeric materials: Medical device considerations. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. doi: 10.1002/jbm.b.34052.
- Mabry TM, Jacofsky DJ, Haidukewych GJ, Hanssen AD (2007). Comparison of intramedullary nailing and external fixation knee arthrodesis for the infected knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 464:11-5.
- Machado I, Pozo JJ, Marcilla D, Cruz J, Tardío JC, Astudillo A, Bagué S (2017). Protocol for the study of bone tumors and standardization of pathology reports. *Rev Esp Patol* 50:34-44.
- Majó J, Cubedo R, Pardo N (2010). Treatment of Osteosarcoma: A review. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 54:329-36.
- Malawer MM, Kellar-Graney K (2004). Soft tissue reconstruction after limb-sparing surgery for tumors of the upper and lower extremities. *Oper Tech Orthop* 4:276-87.
- Malawer MM, McHale KA (1989). Limb-sparing surgery for high-grade malignant tumors of the proximal tibia: surgical technique and a method of extensor mechanism reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 239:231-48.
- Malawer MM, Price WM (1984). Gastrocnemius transposition flap in conjunction with limb-sparing surgery for primary bone sarcomas around the knee. *Plast Reconstr Surg* 73:741-50.
- Man WY, Monni T, Jenkins R, Roberts P (2016). Post-operative infection with fresh frozen allograft: reported outcomes of a hospital-based bone bank over 14 years. *Cell Tissue Bank* 17:269-75.
- Mankin HJ, Gebhardt MC, Jennings LC, Springfield DS, Tomford WW (1996). Long-term results of allograft replacement in the management of bone tumors. *Clin Orthop Relat Res* 324:86-97.
-

- Manoso MW, Boland PJ, Healey JH, Cordeiro PG (2006). Limb salvage of infected knee reconstructions for cancer with staged revision and free tissue transfer. *Ann Plast Surg* 56:532-5.
- Markovich GD, Dorr LD, Klein NE, McPherson EJ, Vince KG (1995). Muscle flaps in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 321:122-30.
- Martínez Tello FJ, Manjón Luengo P, Montes Moreno S (2006). Condrosarcoma. Variantes de condrosarcoma. *Rev Esp Patol* 39: 69-79.
- Masquelet AC (2009). Injertos pediculados de los miembros. *Enciclopedia Medico-ChirurgicalE* 1: 1-23.
- Mastorakos DP, Disa JJ, Athanasian E, Boland P, Healey JH, Cordeiro PG (2002). Soft-tissue flap coverage maximizes limb salvage after allograft bone extremity reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 109:1567-73.
- Mattei JC, Curvale G, Rochwerger A (2014). Surgery in «around the knee» bone tumors. *Bull Cancer* 101:571-9.
- Mavrogenis AF, Pala E, Angelini A, Ferraro A, Ruggieri P (2012). Proximal tibial resections and reconstructions: clinical outcome of 225 patients. *J Surg Oncol*. 107:335-42.
- McPherson EJ, Patzakis MJ, Gross JE, Holtom PD, Song M, Dorr LD (1997). Infected total knee arthroplasty. Two-stage reimplantation with a gastrocnemius rotational flap. *Clin Orthop Relat Res* 341:73-81.
- Megaprótesis Sistema OSS Zimmer-Biomet. Disponible en: <http://www.biomet.es/>. (Citado 8/11/2017).
- Megasystem-C Tumor and revision surgery. Disponible en: <http://www.linknederland.nl>. (Citado 12/12/2017).
- Mei J, Zhu XZ, Wang ZY, Cai XS (2014). Functional outcomes and quality of life in patients with osteosarcoma treated with amputation versus limb-salvage surgery: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 134:1507-16.
- Mitsala G, Varey AH, O'Neill JK, Chapman TW, Khan U (2014). The distally pedicled gracilis flap for salvage of complex knee wounds. *Injury* 45:1776-81.
- Mo S, Ding ZQ, Kang LQ, Zhai WL, Liu H (2013). Modified technique using allograft-prosthetic composite in the distal femur after bone tumor resection. *J Surg Res* 182:68-74.
- Moebius B, Scheller EE (2012). The pediculated gastrocnemius muscle flap as a treatment for soft tissue problems of the knee - indication, placement and results. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW* 1:1-5.
- Morgan HD, Cizik AM, Leopold SS, Hawkins DS, Conrad EU (2006). Survival of tumor megaprotheses replacements about the knee. *Clin Orthop Relat Res* 450:39-45.

- 
- Morii T, Morioka H, Ueda T, Araki N, Hashimoto N, Kawai A, Mochizuki K, Ichimura S (2013). Deep infection in tumor endoprosthesis around the knee: a multi-institutional study by the Japanese musculoskeletal oncology group. *BMC Musculoskelet Disord* 31;14:51.
- Müller DA, Beltrami G, Scoccianti G, Cuomo P, Capanna R (2016). Allograft-prosthetic composite versus megaprosthesis in the proximal tibia-What works best? *Injury* 47:124-30.
- Muscolo DL, Ayerza MA, Aponte-Tinao LA, Ranalletta M (2004). Partial epiphyseal preservation and intercalary allograft reconstruction in high-grade metaphyseal osteosarcoma of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 86:2686-93.
- Muscolo DL, Ayerza MA, Farfalli G, Aponte-Tinao LA (2010). Proximal tibia osteoarticular allografts in tumor limb salvage surgery. *Clin Orthop Relat Res* 468:1396-404.
- Muscolo L, Farfalli GL, Aponte L, Ayerza MA (2009). Actualización en Osteosarcoma. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 1: 85-101.
- Myers GJ, Abudu AT, Carter SR, Tillman RM, Grimer RJ (2007). Endoprosthetic replacement of the distal femur for bone tumours: long-term results. *J Bone Joint Surg Br* 89:521-6.
- Myers GJC, Abudu AT, Carter SR, Tillman RM, Grimer RJ (2007). The long-term results of endoprosthetic replacement of the proximal tibia for bone tumours. *J Bone Joint Surg Br* 89:1632-7.
- Natarajan MV, Sivaseelam A, Rajkumar G, Hussain SHJ (2003). Custom megaprosthetic replacement for proximal tibial tumours. *Int Orthop* 27:334-7.
- Niimi R, Matsumine A, Hamaguchi T, Nakamura T, Uchida A, Sudo A (2012). Prosthetic limb salvage surgery for bone and soft tissue tumors around the knee. *Oncology reports* 28: 1984-90.
- Norkin C, White DJ (eds) (2006). Goniometría. Evaluación de la movilidad articular. Madrid: Ed. Marbán.
- O'Donnell PW, Griffin AM, Eward W, Ferguson P (2014). Early follow-up of a custom non-fluted diaphyseal press-fit tumour prosthesis. *Int Orthop* 38:123-7.
- Ottaviani G, Jaffe N (2009). The epidemiology of osteosarcoma. *Cancer Treat Res* 152:3-13
- Ottaviani G, Jaffe N (2009). The etiology of osteosarcoma. *Cancer Treat Res*. 152:15-32.
- Pala E, Trovarelli G, Angelini A, Ruggieri P (2016). Distal femur reconstruction with modular tumour prostheses: a single Institution analysis of implant survival comparing fixed versus rotating hinge knee prostheses. *Int Orthop* 40:2171-80.

- Pala E, Trovarelli G, Calabrò T, Angelini A, Abati CN, Ruggieri P (2015). Survival of modern knee tumor megaprotheses: failures, functional results, and a comparative statistical analysis. *Clin Orthop Relat Res* 473:891-9.
- Papp A, Kettunen J, Miettinen H (2003). Pedicled gastrocnemius flap in complicated total knee arthroplasty. *Scand J Surg* 92:156-9.
- Pardillos L, Pérez B (2002). Osteosarcoma osteoblástico. *Rev Esp Enferm Metab Oseas* 11:23-8.
- Park JW, Lee YS, Oh JK, Park JH, Lee JW, Park JS (2009). Knee extensor mechanism reconstruction with an extended gastrocnemius flap and a saphenous neurocutaneous flap. *J Orthop Trauma* 23:309-12.
- Parvizi J, Zmistowski B, Berbari EF, Bauer TW, Springer BD, Della Valle CJ, Garvin KL, Wongworawat MD, Fehring TK, Osmon DR, Barrack RL, Berend KR, Esterhai JL, Giese TJ, Kurtz SM, Masri BA, Spanghehl MJ, Segreti J, Workgroup Convened by the Musculoskeletal Infection Society (2011). New definition for periprosthetic joint infection. *J Arthroplasty* 26:1136-8.
- Peel T, May D, Buising K, Thursky K, Slavin M, Choong P (2014). Infective complications following tumour endoprosthesis surgery for bone and soft tissue tumours. *Eur J Surg Oncol* 40:1087-94.
- Pichardo N, Puente A, Basulto M, Piug A (2011). Colgajo fasciomuscular del gastrocnemio medial: presentación de un caso. *Scielo* 15: 873-81.
- Plötz W, Rechl H, Burgkart R, Messmer C, Schelter R, Hipp E, Gradinger R (2002). Limb salvage with tumor endoprotheses for malignant tumors of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 405:207-15.
- Prada SA, Griffin FM, Nelson CL, Garvin KL (2003). Allograft reconstruction for extensor mechanism rupture after total knee arthroplasty: 4.8-year follow-up. *Orthopedics* 26:1205-8.
- Pring DJ, Marks L, Angel JC (1988). Mobility after amputation for failed knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 70: 770-1.
- Rago A, Miraglia A, Mecarocci S, Pisanelli GC, Chiappetta C, Di Cristofano C, Scarchilli A, Cenfra N, Petrozza V, Cimino G (2010). Solitary plasmacytoma of tibia: a possible correlation with younger age. *Leuk Res* 34:181-2.
- Rand JA, Bryan RS, Morrey BF, Westholm F (1986). Management of infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 205:75-85.
- Raveendranath V, Nachiket S, Sujatha N, Priya R, Rema D (2011). Bilateral Variability of the Quadriceps Angle (Q angle) in an Adult Indian Population. *Iran J Basic Med Sci* 14: 465-71.

- Ries MD, Bozic KJ (2006). Medial gastrocnemius flap coverage for treatment of skin necrosis after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 446:186-92.
- Rothacker GW, Cabanela ME (1983). External fixation for arthrodesis of the knee and ankle. *Clin Orthop Relat Res* 180:101-8.
- Saksena A, Mahajan N, Agarwal S, Jain S (2014). Solitary bone plasmacytoma: An interesting case report with unusual clinico-cytological features. *J Cytol* 31:158-60.
- Sanjuan R, Jiménez PJ, Gil ER, Sánchez RJ, Fenollosa J (2005). Biomecánica de la rodilla. *Patología del aparato locomotor* 3: 189-200.
- Schümke M, Schulte E, Schumacher U (2005). Prometheus: texto y atlas de Anatomía humana, vol. I. Anatomía general y aparato locomotor. Madrid: Ed. Médica Panamericana.
- Schwartz AJ, Kabo JM, Eilber FC, Eilber FR, Eckardt JJ (2010). Cemented endoprosthesis reconstruction of the proximal tibia: how long do they last? *Clin Orthop Relat Res* 468:2875-84.
- Senior CJ, da Assunção RE, Barlow IW (2008). Knee arthrodesis for limb salvage with an intramedullary coupled nail. *Arch Orthop Trauma Surg* 128: 683-7.
- Sharil A, Nawaz A, Nor Azman M, Zulmi W, Faisham W (2013). Early Functional Outcome of Resection and Endoprosthesis Replacement for Primary Tumor around the Knee. *Malays Orthop J* 7:30-5.
- Shehadeh A, Noveau J, Malawer M, Henshaw R (2010). Late complications and survival of endoprosthesis reconstruction after resection of bone tumors. *Clin Orthop Relat Res* 468:2885-95.
- Solooki S, Mostafavizadeh Ardestani SM, Mahdaviyazad H, Kardeh B (2017). Function and quality of life among primary osteosarcoma survivors in Iran: amputation versus limb salvage. *Musculoskelet Surg* 11: 1-5.
- Song WS, Cho WH, Jeon DG, Kong CB, Duo J, Lee SY (2012). A comparison of tumor prosthesis implantation and pasteurized autograft-prosthesis composite for proximal tibial tumor. *J Orthop Sci* 17:457-63.
- Sönmez E, Kamburoğlu HO, Aksu AE, Nasir SN, Evrenos MK, Şafak T, Keçik A (2011). Soft-tissue management with immediate free flap transfer in segmental prosthetic replacement of proximal tibia sarcomas. *Microsurgery* 31:620-7.
- Springer BD, Della Valle CJ (2008). Extensor mechanism allograft reconstruction after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 23:35-8.
- Tan PX, Yong BC, Wang J, Huang G, Yin JQ, Zou CY, Xie XB, Tang QL, Shen JN (2012). Analysis of the efficacy and prognosis of limb-salvage surgery for osteosarcoma around the knee. *Eur J Surg Oncol* 38:1171-7.

- Tanaka A, Yoshimura Y, Aoki K, Okamoto M, Kito M, Suzuki S, Takazawa A, Ishida T, Kato H (2017). Prediction of muscle strength and postoperative function after knee flexor muscle resection for soft tissue sarcoma of the lower limbs. *Orthop Traumatol Surg Res* 103:1081-5.
- Tecuallt R, Moreno LF, maya RA (2008). Clasificación de los tumores óseos. *Ortho-tips* 4:96-102.
- Tetreault MW, Della Valle CJ, Bohl DD, Lodha SJ, Biswas D, Wysocki RW (2016). What Factors Influence the Success of Medial Gastrocnemius Flaps in the Treatment of Infected TKAs? *Clin Orthop Relat Res* 474:752-63.
- Toepfer A, Harrasser N, Schwarz PR, Pohlig F, Lenze U, Mühlhofer HML, Gerdesmeyer L, von Eisenhart-Rothe R, Suren C (2017). Distal femoral replacement with the MML system: a single center experience with an average follow-up of 86 months. *BMC Musculoskelet Disord* 18:206. doi: 10.1186/s12891-017-1570-9.
- Toy PC, White JR, Scarborough MT, Enneking WF, Gibbs CP (2010). Distal femoral osteoarticular allografts: long-term survival, but frequent complications. *Clin Orthop Relat Res* 468:2914-23.
- Trieb K, Blahovec H, Brand G, Sabeti M, Dominkus M, Kotz R (2004). In vivo and in vitro cellular ingrowth into a new generation of artificial ligaments. *Eur Surg Res* 36: 148-51.
- Tsuchiya H, Abdel-Wanis ME, Sakurakichi K, Yamashiro T, Tomita K (2002). Osteosarcoma around the knee: intraepiphyseal excision and biological reconstruction with distraction osteogenesis. *J Bone Joint Surg Br* 84:1162-6.
- Verbeek BM, Kaiser CL, Paulino NR, Hornicek FJ, Raskin KA, Schwab JH, Lozano SA (2017). Primary arthroplasty in healed osteoarticular allograft in patients with history of primary femoral bone tumors. *Surg Oncol* 26:498-505.
- Vicario C (2004). Los aloinjertos óseos en Cirugía Ortopédica y Traumatología (I). *Patología del Aparato Locomotor* 2: 214-32
- Vora PH, Musa R, Bhavsar NM, Shah D (2017). Articular Reconstruction using Subchondral Cementation and Threaded Kirschner-wires in Giant Cell Tumor: A Novel Technique. *J Orthop Case Rep* 7:68-71.
- Walczak BE, Irwin RB (2013). Sarcoma chemotherapy. *J Am Acad Orthop Surg*. 21:480-91.
- Walton Z, Armstrong M, Traven S, Leddy L (2017). Pedicled Rotational Medial and Lateral Gastrocnemius Flaps: Surgical Technique. *J Am Acad Orthop Surg* 25:744-51.
- Wang CS, Wu PK, Chen CF, Chen WM, Liu CL, Chen TH (2015). Bone-prosthesis composite with rotating hinged-knee prosthesis in limb salvage surgery for high-grade sarcoma around the knee. *J Arthroplasty* 30:90-4.



- 
- Wang TY, Dormans JP, Chang B (2012). Soft-tissue optimization of limb salvage with knee endoprosthesis: the 10-year experience at the Children's Hospital of Philadelphia. *Ann Plast Surg* 69:560-4.
- Warrier SK, Mah E, Morrison WA (2006). Extended medial gastrocnemius myocutaneous flap in repair of the quadriceps extension mechanism. *ANZ J Surg* 76:1110-4.
- Whiteside LA (2013). Surgical technique: vastus medialis and vastus lateralis as flap transfer for knee extensor mechanism deficiency. *Clin Orthop Relat Res* 471:221-30.
- Whitfield RM, Rinard J, King D (2011). Coverage of megaprosthesis with human acellular dermal matrix after Ewing's sarcoma resection: A case report. *Sarcoma*. 2011:978617. doi: 10.1155/2011/978617.
- Wunder JS, Leitch K, Griffin AM, Davis AM, Bell RS (2001). Comparison of two methods of reconstruction for primary malignant tumors at the knee: a sequential cohort study. *J Surg Oncol* 77:89-100.
- Xu N, Wang L, Sun P, Xu S, Fu S, Sun Z (2017). Low Arid1a expression correlates with poor prognosis and promotes cell proliferation and metastasis in osteosarcoma. *Pathol Oncol Res* 23: 1-7.
- Yamaç K, Fen T, Sancak A, Konuş Ö (2002). Solitary plasmacytoma of tibia in a 29-year-old woman. *Turk J Haematol* 19:485-7.
- Yao W, Cai Q, Wang J, Gao S (2017). Treatment of osteosarcoma around the knee in skeletally immature patients. *Oncol Lett* 1:5241-8.
- Zárate-Kalfópulos B, Reyes-Sánchez A (2006). Injertos óseos en cirugía ortopédica. *Cir Ciruj* 74:217-22.
- Zhang Y, Yang Z, Li X, Chen Y, Zhang S, Du M, Li J (2008). Custom prosthetic reconstruction for proximal tibial osteosarcoma with proximal tibiofibular joint involved. *Surg Oncol* 17: 87-95.
- Zubillaga I, Redondo M, Sánchez G (2017). Aplicaciones del colgajo sural medial en cirugía reconstructiva de cavidad oral y orofaringe. *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial* 39: 1-6.



# 10. ANEXOS

## Evaluación ética



**COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA  
DEL HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO DE ELDA**  
Ctra. Elda-Sax, s/n. 03600-Elda. <http://www.elda.san.gva.es>  
Tfno: 96 698 9019 Fax: 96 697 5148. email: [ceic\\_helda@gva.es](mailto:ceic_helda@gva.es)

**Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC)  
del Hospital General Universitario de Elda**  
Institutional Review Board of Elda University General Hospital

Fecha Date	20 / 11 / 2017
---------------	----------------

Número Protocolo Estudio Clínico Clinical Study Protocol Number	PI2017/0154
--	-------------

Investigador Principal Principal Investigator	M <sup>a</sup> . Ángeles Trigueros	Departamento Department	Cirugía Ortopédica Hosp. Los Arcos (Murcia)
--	------------------------------------	----------------------------	--

Título del Proyecto Project Title	Prótesis de rodilla en tumores malignos de la de rodilla Knee prosthesis for malignant tumors around of the knee
--------------------------------------	---

CERTIFICA /CERTIFIES

Que el estudio arriba indicado, habiendo completado satisfactoriamente todos los requerimientos impuestos por las autoridades de este país, incluyendo los de la Declaración de Helsinki (AMM, 2013) y las Normas de Buena Práctica Clínica de la Unión Europea,

That the above study, having successfully completed all the requirements imposed by the authorities of this country, including those of the Declaration of Helsinki (WMA, 2013) and Norms of Good Clinical Practice of the European Union,

fue APROBADO por este CEIC  
was APPROVED by this IRB

en (fecha) on (date)	20 / 11 / 2017
-------------------------	----------------

y efectivo hasta (fecha) and effective until (date)	No aplicable Not applicable
--	--------------------------------



**Dr. Fernando Aleixandre Blanquer**  
Secretario [Secretary]  
CEIC Hospital G. U. Elda [IRB Elda G. U. Hospital]

## Cuestionario WOMAC

### CALIDAD DE VIDA MIEMBRO INFERIOR Cuestionario WOMAC-corto (2013)

Nombre:		Diagnóstico: Artrosis <input type="checkbox"/> A. Reumatoide <input type="checkbox"/> Otro:	
Nº Historia:	SIP:	Intervención: Prótesis cadera <input type="checkbox"/> Prótesis rodilla <input type="checkbox"/> Otra:	
Edad: años	Sexo: Hombre <input type="checkbox"/> Mujer <input type="checkbox"/>	Profesión / Actividad:	

Bellamy N, et al. J Rheumatol 1988;15:1833-40 / Batlle-Gualda E, et al. Rev Esp Reumatol 1999; 26: 38-45.  
(Hemos invertido la puntuación original, de manera que: 4= nada de malestar o incapacidad; 0= muchísimo malestar o incapacidad)

Momento en que se realiza la encuesta (poned fechas)	Preoperat		Postoperatorio	
<b>DOLOR: ¿Cuánto dolor tiene, en caderas y/o rodillas, en los últimos 2 días como consecuencia de su artrosis?</b>				
1. <u>Al andar por un terreno llano:</u> Ninguno <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poco <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucho <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísimo <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
2. <u>Al subir o bajar escaleras:</u> Ninguno <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poco <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucho <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísimo <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
3. <u>Por la noche en la cama:</u> Ninguno <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poco <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucho <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísimo <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
4. <u>Al estar sentado o tumbado:</u> Ninguno <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poco <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucho <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísimo <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
5. <u>Al estar de pie:</u> Ninguno <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poco <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucho <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísimo <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
Suma puntos Dolor				
Puntuación Dolor normalizada a escala 100 (Total x 100 / 20)=				

<b>CAPACIDAD FUNCIONAL: es decir, su capacidad para moverse, desplazarse o cuidar de sí mismo. ¿Cuánta dificultad ha notado en los últimos 2 días al realizar cada una de las siguientes actividades, como consecuencia de su artrosis de caderas y/o rodillas?</b>				
1. <u>Al subir las escaleras:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
2. <u>Al levantarse después de estar sentado:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
3. <u>Al andar por un terreno llano:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
4. <u>Al entrar y salir de un coche:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
5. <u>Al ponerse las medias o los calcetines:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
6. <u>Al levantarse de la cama:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
7. <u>Al sentarse:</u> Ninguna <input type="checkbox"/> <sub>4</sub> Poca <input type="checkbox"/> <sub>3</sub> Bastante <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> Mucha <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> Muchísima <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>				
Suma puntos Función				
Puntuación Función normalizada a escala 100 (Total x 100 / 28)=				

SUMA TOTAL PUNTOS (DOLOR + FUNCIÓN)				
PUNTUACIÓN TOTAL NORMALIZADA A ESCALA 100 (Total x 100 / 48)=				

## Escala funcional MSTS-II

(Enneking, 1993)

MSTS-II (Musculoskeletal Tumor Society, Enneking 1993)						
Puntos	Dolor	Función	Emocional	Apoyo	Caminar	Marcha
5	No	No restricción	Entusiasmo	No	Ilimitado	Normal
4	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio
3	Modesto sin incapacidad	Restricción recreacional	Satisfecho	Férula	Limitado	Leve estética
2	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio
1	Moderado incapacitante	Restricción parcial	Aceptación	Un bastón o muleta	Solo en casa	Grave estética
0	Severo incapacitante	Restricción total	Disgusto	Dos bastones o muletas	Dependiente	Grave dificultad