

El papel de la RM en la creación de plantillas preconformadas personalizadas para la colocación de prótesis de rodilla.

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Mercedes Vallejo Márquez, Marta Del Rio Arteaga, Amaya Fernandez-Argüelles García, Vinicius Bianchi Batista, Rafael Muela Velasco, Jesus Valera Dieguez

Objetivos Docentes

Mostrar el papel que juega el radiólogo en la creación de las **plantillas preconformadas personalizadas** (Fig 1) usadas por los traumatólogos durante la intervención quirúrgica de prótesis de rodilla.

Imágenes en esta sección:



Fig. 1: Ilustración de las plantillas preconformadas personalizadas, para la colocación de prótesis de rodilla.

Revisión del tema

Desde sus inicios la **cirugía asistida por imagen** ha supuesto una mejora en la calidad de las operaciones, tanto por la disminución del tiempo de intervención como por el perfeccionamiento de la técnica.

La cirugía asistida por radioscopia es la forma más clásica en el ámbito de la Traumatología, pero los avances en el diagnóstico por la imagen, basados en imágenes de TC y RM han llegado a los quirófanos. Un ejemplo de ello es la **creación de las plantillas preconformadas personalizadas**, guías de posicionamiento femoral y tibial en la colocación de prótesis de rodilla.

En general, la **prótesis total de rodilla** está indicada en pacientes con gonartrosis sintomática, con limitación importante para la realización de las actividades de la vida diaria, sin buena respuesta al tratamiento médico.

El estudio radiológico confirma el daño articular avanzado (Fig 2 y 3)

Se define por cambios radiográficos productivos asociados a dolor articular. La pérdida de cartílago se produce varios años antes de que pueda verse la artrosis en radiografías.

La artrosis (osteoartritis) es la degeneración no inflamatoria del cartílago en las articulaciones sinoviales. Se produce como consecuencia del desequilibrio entre biosíntesis y degradación de los constituyentes del cartílago; el proceso de degradación supera al de reparación.

Podemos hacer dos grupos:

- a.- Fuerzas anormales actuando sobre articulaciones normales.
- b.- Fuerzas normales actuando sobre articulaciones anormales.

Se conocen distintos **estadios de la artrosis** (Fig 4):

1º.-cambios bioquímicos en el cartílago hialino.

Disminución de las fibras de colágeno y PGs, y aumento del agua.

2º.-intento de reparación del cartílago hialino con proliferación de los condrocitos.

Aumento del grosor del cartílago.

3º.-disminuye la proliferación de condrocitos, con erosión y rotura del cartílago y reacción de elementos adyacentes.

Esclerosis subcondral, quistes subcondrales, formación de osteofitos, inflamación de la membrana sinovial, aumento del líquido articular, y engrosamiento de la cápsula.

Las últimas tendencias terapéuticas en este campo - trasplante de condrocitos autólogos, trasplante de injerto osteocondral y factores de crecimiento del cartílago – están destinadas a restaurar la superficie articular, terapias que necesitan de una evaluación precoz del daño del cartílago, basadas en nuevas secuencias de RM.

No obstante, sigue siendo alto el número de pacientes que llegan a un estadio final de la artrosis y el tratamiento de elección es la artroplastia de rodilla. En esta cirugía, los traumatólogos han desarrollado un concepto que les ayuda a disminuir la comorbilidad asociada a esta intervención.

La colocación de prótesis con guías de posicionamiento disminuye el tiempo de intervención al determinar con exactitud el lugar de corte femoral y tibial previo a la colocación de la prótesis.

No se hace una prótesis a medida. La prótesis que se implanta es la misma que se implantaría sin las guías. **Lo que se consigue con estas guías es una planificación preoperatoria** que establece una serie de parámetros como tallas, posicionamiento de la prótesis y niveles de resección, con el ahorro de tiempo que supone establecerlo intra-operatoriamente.

Su fabricación se basa en imágenes de RM o TC, según compatibilidad, con parámetros e indicaciones precisas.

Explicamos paso a paso el proceso (Fig 5) :

1º PASO.- CONSULTA DE TRAUMATOLOGÍA.

El traumatólogo diagnostica la artrosis en estadio final con limitación importante para la realización de las actividades de la vida diaria y sin respuesta a tratamientos conservadores, e indica la prótesis.

Comienza el **plan pre-operatorio**: reserva quirófano, solicita pre-anestesia y solicita estudio RM o TC al servicio de radiología con protocolo “guías posicionamiento prótesis de rodilla” [Biomet Signature Protocol].

2º PASO.- EN SERVICIO DE RADIOLOGÍA.

El paciente viene a realizarse el estudio al servicio de radiología.

Normalmente se realiza RM, pero también se puede realizar TC para proporcionar una alternativa a los pacientes con (Fig 6):

- marcapasos.
- alto índice de masa corporal (excede la capacidad del tubo RM).
- piernas grandes (no caben dentro de la bobina de rodilla).
- claustrofobia.

Se realiza RM siguiendo las especificaciones técnicas que nos indica la casa comercial que fabrica las guías de posicionamiento:

- paciente en decúbito supino, con rodilla ligeramente flexionada a 30°, y antena de rodilla.
- el paciente no debe moverse durante el estudio.
- no volver a re-centrar el estudio durante las secuencias de baja resolución.
- realizaremos 4 secuencias (Fig 7):

1º. - secuencia de alta resolución **T1 3D SPOILED GRADIENT** sagital de rodilla, con antena centrada en rótula.

Una vez finalizada, se retira antena y para las siguientes secuencias trabajamos con antena de body.

2º.- secuencia sagital **T1 3DSPOILED GRADIENTE** de rodilla repetimos la secuencia anterior pero sin la antena de rodilla [baja resolución]

Una vez finalizada, no hay que resetear y volver a buscar un localizador en tobillo y cadera. Hay que desplazar la camilla con un Offset inferior para tobillo y un Offset superior para cadera.

3º.- **secuencia axial T1 del tobillo ipsilateral**, subimos camilla y realizamos secuencia de tobillo, incluyendo al menos desde zona supramaleolar hasta mitad del calcáneo.

4º.- **secuencia axial T1 de la cadera ipsilateral**, bajamos camilla y realizamos secuencia, desde la EIAS hasta sínfisis del pubis.

Las necesidades básicas para poder realizar el estudio en nuestro centro (Fig 8) y las preguntas más frecuentes a las que se enfrenta el radiólogo a la hora de realizar el estudio (Fig 9) se resumen en las imágenes 8 y 9.

La primera secuencia realizada [T1 3D SPOILED GRADIENT, con antena de rodilla], hay que realizarla siguiendo las siguientes indicaciones:

- paciente en decúbito supino lo más cómodo y centrado posible.
- colocamos antena de rodilla, centrada en la rótula.
- 100 mm por encima y por debajo de la línea articular, incluyendo la tuberosidad tibial.
- el punto de referencia es el centro de la antena. Localizadores en los tres planos del espacio.
- incluir SHIM (Sistema de ajuste de la homogeneidad de campo).
- lanzamos la secuencia **SAGITTAL 3D T1 SPOILED GRADIENT**, ajustando los parámetros indicados

en la figura 10 (Fig 10).

Quitamos la antena de rodilla, y funcionamos con la antena de body [antena del imán].

Comenzamos el PROTOCOLO DE BAJA RESOLUCIÓN:

2º. secuencia sagital [T1 3D SPOILED GRADIENT, con antena de body]:

- secuencias en este orden: rodilla, tobillo y cadera.
- el paciente puede reajustar su posición. A partir de aquí, el paciente no puede moverse hasta que finalice el estudio.
- colocamos de nuevo el punto de referencia en apex de la rótula.
- lanzamos los localizadores, incluyendo SHIM (Sistema de ajuste de la homogeneidad de campo).
- lanzamos la misma secuencia SAGITTAL 3D T1 SPOILED GRADIENT, ajustando los siguientes parámetros (Fig 11).

3º. secuencia axial [T1 TSE tobillo ipsilateral, con antena de body]:

- mover el tobillo al centro del tubo, aplicando un offset inferior (por ej. 400)
 - adquirimos el localizador del tobillo en los tres planos del espacio.
 - lanzamos la secuencia axial T1 desde maleolos hasta la mitad del calcáneo.
- Parámetros de esta secuencia en figura 12 (Fig 12).

4º. secuencia axial [T1 TSE de cadera ipsilateral, con antena de body].

- cadera al centro del tubo, introduciendo un offset superior (ej:+ 400).
 - adquirir los localizadores de la cadera en los tres planos del espacio
 - lanzamos la secuencia axial T1 desde la espina iliaca anterosuperior hasta la sinfisis del pubis.
- Parámetros de esta secuencia en figura 13 (Fig 13).

3º PASO.- UNA EMPRESA FABRICA LAS GUÍAS.

Enviamos las imágenes a la empresa que fabrica las guías a medida (Materialise).

Una vez recibe las imágenes, las segmenta, procesa y hace una reconstrucción 3D de la rodilla del paciente en base a unos puntos anatómicos establecidos, fabricando así unas guías específicas para ese paciente en una impresora 3D (Fig 14)

A día de hoy, la fabricación de las plantillas se lleva a cabo en Bélgica.

Este proceso se entiende bien viendo este [video](#)

(<http://hospital.materialise.com/partial-and-total-knee-arthroplasty-guides>).

4º PASO.- PLAN QUIRÚRGICO, a partir del modelo 3D.

El traumatólogo realiza la planificación quirúrgica personalizada antes de la intervención.

El sistema Vanguard de Biomet ofrece el doble de opciones de tamaño femoral que otros sistemas, lo que permite 90 combinaciones diferentes de tamaño.

El procedimiento quirúrgico es similar al reemplazo total de rodilla tradicional, con algunas excepciones. Las plantillas preconformadas se colocan directamente en la superficie del fémur y la tibia, y por lo tanto

no requieren instrumentación del canal medular, constituyendo un procedimiento menos invasivo.

Permite al cirujano posicionar un número reducido de instrumentos durante la cirugía para llevar a cabo el plan preoperatorio (Fig 15).

Con la guía de posicionamiento femoral determinamos:

- nivel distal de resección femoral y la orientación (ángulo valgo y flexión / extensión).
- rotación del componente femoral y posición anterior / posterior.
- dimensión del componente femoral.

Con la guía de posicionamiento tibial establecemos:

- nivel de resección proximal tibial.
- orientación del mismo en varo-valgo.

Gracias a este sistema se puede incorporar el eje mecánico del miembro a la tradicional filosofía de alineación por eje anatómico (Fig 16).

5º PASO.- EN QUIRÓFANO.

- Se realizan los cortes femoral y tibial de forma rápida y segura, y se colocan los implantes de prueba.
 - Se comprueba la adecuada congruencia en cuanto a tamaño y correcto tracking, y se procede a la colocación de los implantes definitivos.
 - No sólo se minimiza el sangrado con la ausencia de guías endomedulares, sino también el tiempo quirúrgico es menor al sistema tradicional, lo que conlleva menor tiempo de exposición (Fig 16).
- La Rx post-operatoria valora la adecuada colocación de las mismas (Fig 17).

Imágenes en esta sección:

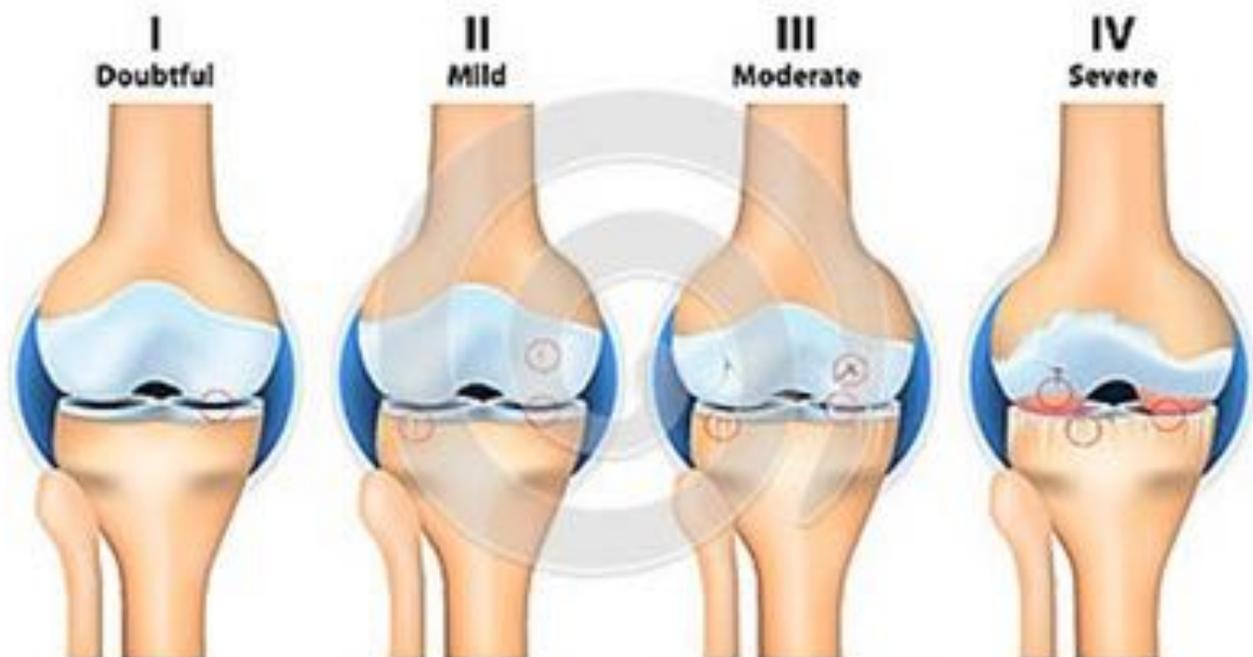


Fig. 2: Estadios de la artrosis.

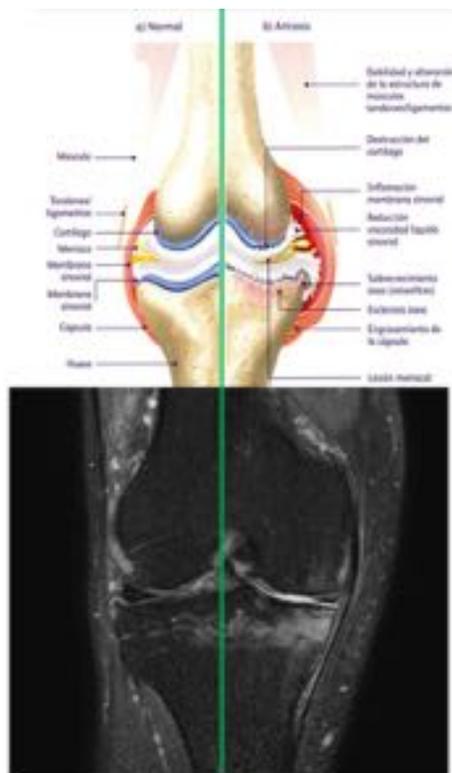


Fig. 3: Signos de artrosis: daño cartilago articular, disminución del espacio articular, osteofitos, quistes subcondrales, edema de médula ósea. [correlación ilustración -laboratorio Fitzer- - RM].

Hallazgos radiográficos:

- Daño cartilago articular.
- Disminución del espacio articular.
- Osteofitos.
- Quistes subcondrales.
- Desviación axial.
- Edema de médula ósea.
- Lesión ligamentosa.

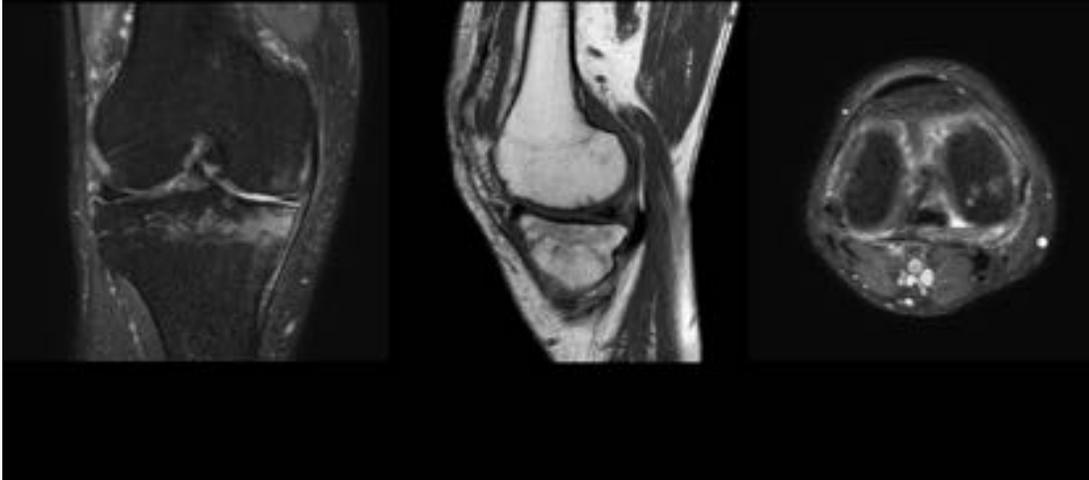


Fig. 4: Artrosis. Semiología radiológica en RM.

Paso a paso: desde que se le indica al paciente la intervención de prótesis de rodilla en la consulta de Traumatología hasta la colocación de la misma en quirófano.

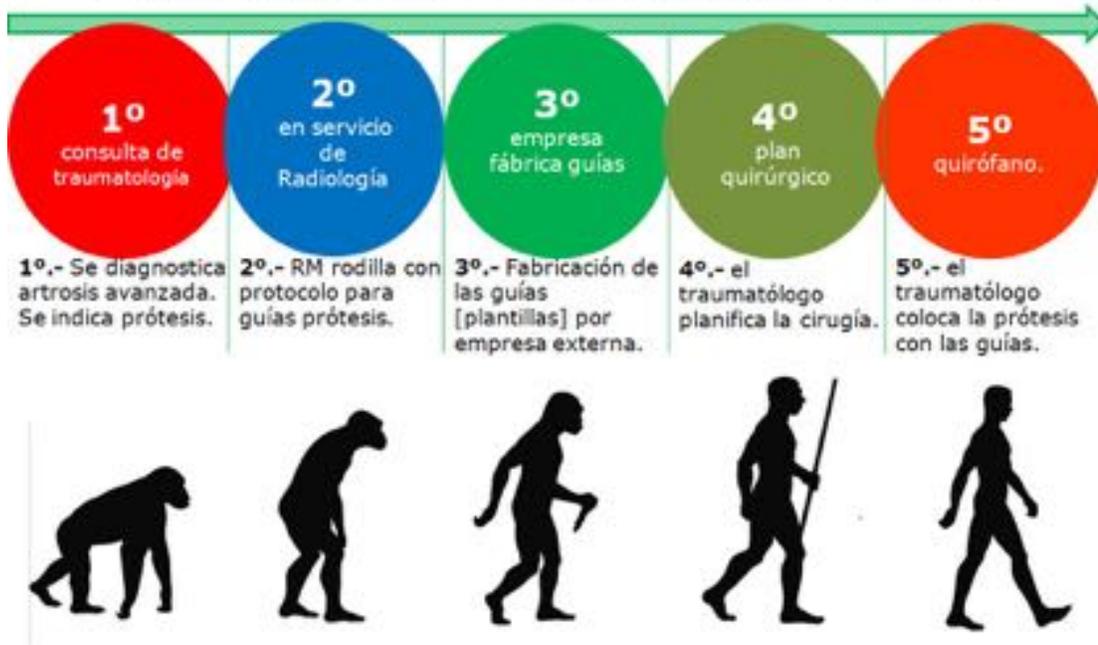


Fig. 5: Paso a paso: desde que se le indica al paciente la intervención de prótesis de rodilla en la consulta de Traumatología hasta la colocación de la misma en quirófano.

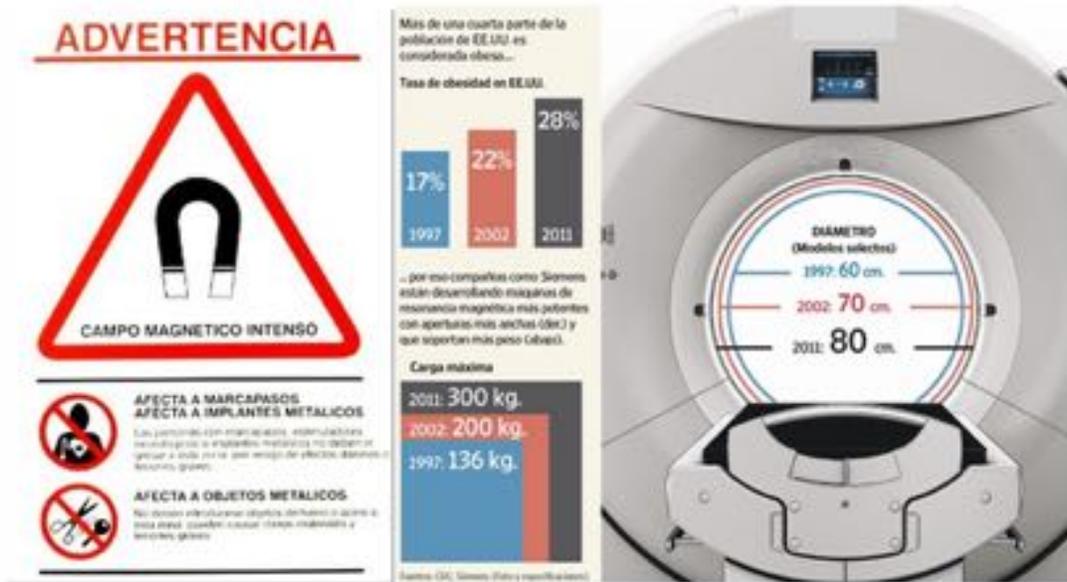


Fig. 6: Contraindicaciones para la realización de RM: marcapasos, alto IMC, piernas grandes, claustrofobia.

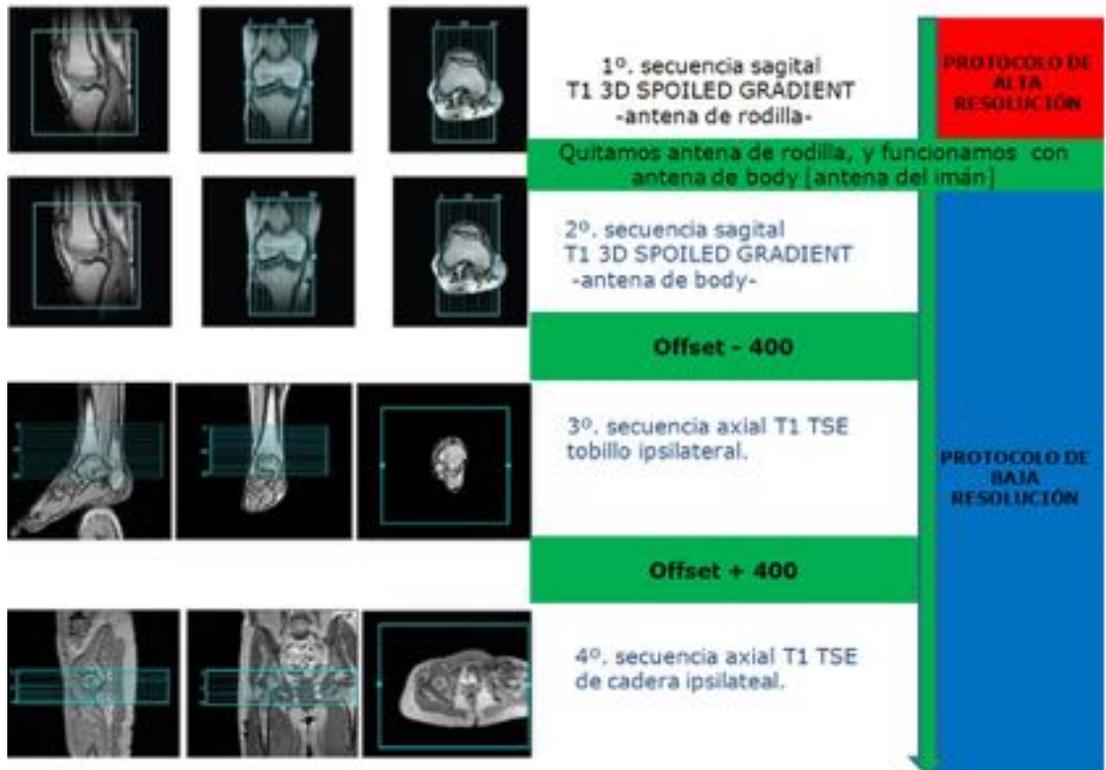


Fig. 7: Especificaciones técnicas del estudio de RM.

- **certificación de nuestras máquinas**, tras pruebas realizadas con fantomas.
- necesidad de **antenas de mayor tamaño** para obesos.
- es muy importante **que el paciente no se mueva** durante el estudio.
- todos los cortes deben ser paralelos o perpendiculares al localizador inicial, es decir **axiales y sagitales puros**.
- **siempre en este orden**: secuencia sagital de rodilla de alta resolución, secuencia sagital de rodilla de baja resolución, secuencia axial de tobillo de baja resolución y secuencia axial de cadera de baja resolución.
- si existe algún implante localizado en rodilla contralateral, colocar la rodilla a estudiar lo más lejos posible de ésta.

Fig. 8: Necesidades básicas para el estudio RM.

Preguntas frecuentes:

1.- El paciente tiene una prótesis de cadera o un tornillo en el tobillo del miembro inferior a estudiar, ¿se puede realizar RM?

Sí. Aumenta el "bandwidth" o usa alguna secuencia con "reducción de artefacto metálico".
Cualquier implante metálico debe estar al menos a 150 mm de la rodilla.

2. El paciente tiene una prótesis en rodilla contralateral. ¿qué hacemos?

Intentar hacer RM con la rodilla separada tanto como podamos.
Si da mucho artefacto, realizar TC.

3. ¿el tobillo debe estar en dorsiflexión?

No. Debe colocarse lo más AP como sea posible. No debe sobrepasar la rotación interna o externa más de 30°.

Ya que el paciente no debe moverse podemos ayudarnos de bandas, almohadas,...

4. ¿Podemos usar más de una concatenación?

No. Es preferible un paquete de imágenes.

5. ¿Qué parámetros podemos cambiar?

No se puede cambiar: FOV, matrix, grosor de corte o tipo de secuencia.

Sí se pueden cambiar TR y TE, dependiendo del software.

Sí se puede cambiar el número de cortes, dependiendo de la constitución del paciente.

Fig. 9: Preguntas frecuentes.

- * grosor de corte = 1 mm.
- * adquisición de la matrix = 256 x 256, reconstrucción de la matrix=512 x 512
- * bandwidth (ancho de banda) específico de la máquina.
- * Field of View (FOV) = 20-25 cm o 200-250 mm
- * Phase FOV 80-100 % y dirección de fase: AP
- * No usar partial fourier, imágenes en paralelo o filtros.
- * una concatenación
- * TR potenciado en T1.
- * TE en fase.
- * Flip angle (ángulo de rotación de la magnetización longitudinal) específico de la máquina.

Fig. 10: Parámetros técnicos de la primera secuencia realizada. Secuencia sagital □ T1 3D SPOILED GRADIENT □ -antena de rodilla-

- * grosor de corte = 4-6 mm
- * adquisición de la matrix =256 x 256 con reconstrucción de la matrix =512 x 512
- * Bandwidth (ancho de banda) específico de la máquina.
- * Field of View (FOV) = 26 cm o 260 mm
- * Phase FOV 80-100 % y dirección de fase: AP
- * No usar partial fourier, imágenes en paralelo, parallel imaging o filtros.
- * una concatenación
- * TR potenciado en T1.
- * TE en fase.
- * Flip angle (ángulo de rotación de la magnetización longitudinal) específico de la máquina.

Fig. 11: Parámetros técnicos de la segunda secuencia realizada.

- * grosor de corte = 5 mm con reconstrucción = 2 mm.
- * FOV = 260 mm
- * 1 average/NEX/NSA
- * 1 concatenación
- * puede ser necesario un TR en el rango de DP.
- * si ambos tobillos quedan incluidos, es preferible no aumentar el FOV.

Fig. 12: Parámetros técnicos de la tercera secuencia.

- * grosor de corte =5 mm con reconstruction =2 mm.
- * FOV 360 mm
- * 1 average/NEX/NSA
- * 1 concatenacion
- * si las dos caderas quedan incluidas, es preferible no aumentar el FOV.

Fig. 13: Parámetros técnicos de la cuarta secuencia realizada.



Fig. 14: Plantillas preconformadas personalizadas.

Con el modelo 3D se hace el plan quirúrgico

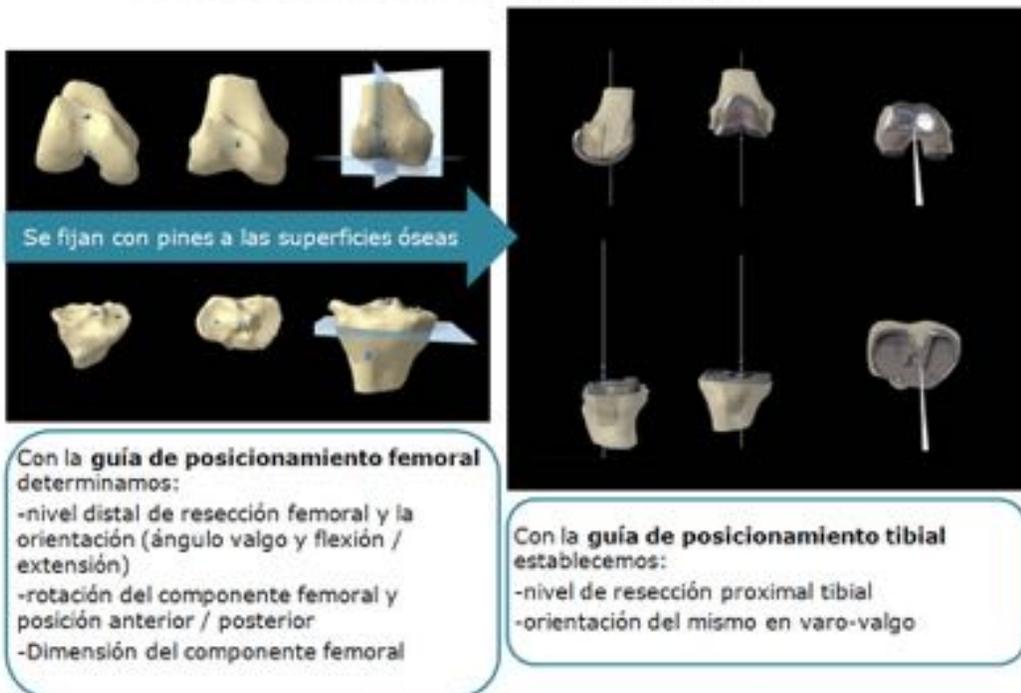


Fig. 15: Planificación quirúrgica personalizada antes de la intervención, realizada por el traumatólogo.

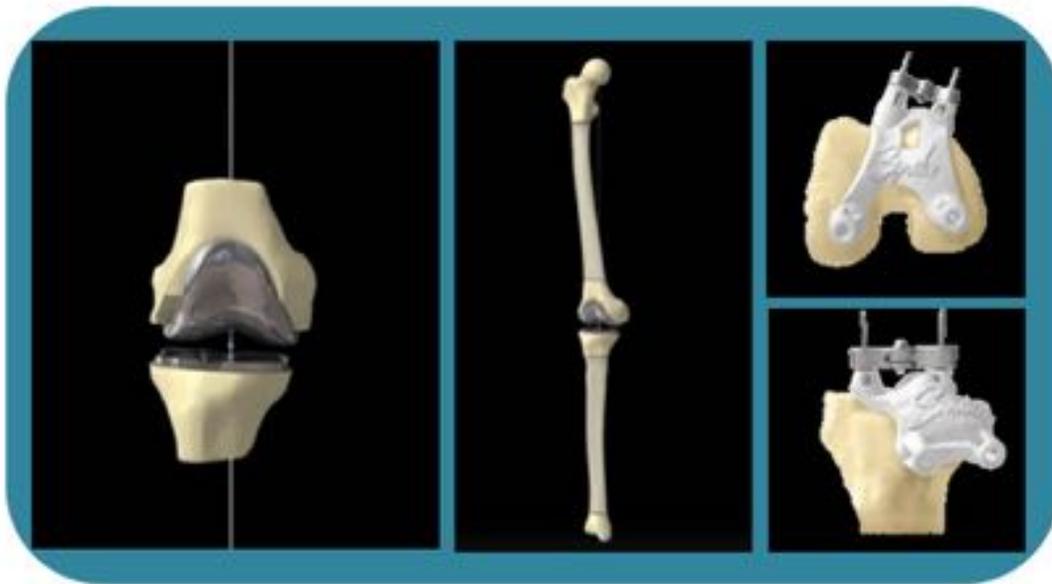


Fig. 16: Planificación quirúrgica personalizada antes de la intervención, realizada por el traumatólogo.



Fig. 17: Radiografía AP y L postoperatoria.

Conclusiones

- La plantilla preconformada personaliza o plantilla a medida usada en la cirugía de prótesis de rodilla ha supuesto una mejora en el acto quirúrgico.
- La creación de las mismas se basa en imágenes de RM o TC con parámetros específicos para tal fin. Conocer estas especificaciones técnicas es nuestro papel en este proceso.
- Lanzamos una pregunta,
¿nos podríamos dedicar los radiólogos a la fabricación de estas plantillas?

Bibliografía / Referencias

- 1.- Curtis W. Hayes, MD et al. Evaluation of articular Cartilage: Radiographic and Cross-sectional

Imaging Techniques. Radiographics 1992; 12: 409-428.

2.- Thomas R. McCauley, MD et al .MR Imaging of Articular Cartilage. State of the art.Radiology 1998; 209: 629-640.

3.- Peek AC, et al. How useful is templating for total knee replacement component sizing?. Knee. 2012

4.- Miller AG, et al. Accuracy of digital templating in total knee arthroplasty. Am J Orthop (Belle Mead NJ). 2012.

5.- McLawhorn AS, et al. Template-Directed Instrumentation Reduces Cost and Improves Efficiency for Total Knee Arthroplasty: An Economic Decision Analysis and Pilot Study. J Arthroplasty. 2015.

6.- Manaster et al. Diagnóstico por la Imagen. Musculoesquelético 2: enfermedades no traumáticas. Marbán. 1.76-1.81.