

CRIOABLACIÓN PERCUTÁNEA POR TC DE LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS: EXPERIENCIA EN 10 CASOS.

Irene Miguelsanz Martínez, María Jesús García Sánchez, Mar Tapia Viñé, Víctor Manuel Muley Luelmo, Daniel Bernabéu Taboada.

Hospital Universitario La Paz, Madrid, España.

OBJETIVOS

- Conocer los conceptos básicos de tratamiento de lesiones óseas y de partes blandas mediante la técnica de crioablación, explicando los resultados esperados y cómo minimizar las complicaciones asociadas al procedimiento.
- Evaluación de los criterios de imagen que sugieren respuesta favorable al tratamiento de lesiones musculoesqueléticas mediante crioablación percutánea.

INTRODUCCIÓN

- El procedimiento de **crioablación** se ha aplicado en el tratamiento del cáncer desde la segunda mitad del siglo 19, cuando el Dr. James Arnott usó soluciones salinas que contenían hielo triturado a temperaturas entre -18° y -24° C para ablacionar tumores (1).
- La generación actual de agujas emplea **argón** a temperatura ambiente, que produce frío mediante rápida expansión (**efecto de Joule-Thomson**), distribuyéndose a través de agujas selladas (**Fig. 1**). Las paredes metálicas de las agujas inmediatamente adquieren la baja temperatura por convección y conducción. Después, se utiliza **helio** a alta presión para calentar la aguja y el tejido a través del mismo sistema durante su expansión a temperatura atmosférica (1). Las bajas temperaturas producen **necrosis coagulativa** del tejido debido a la cristalización de las moléculas de agua, **isquemia microvascular local** e inducción de la **apoptosis** (2).
- Para asegurar una apropiada ablación el ciclo de rápida congelación y lento calentamiento debe repetirse varias veces (**Fig. 2**).

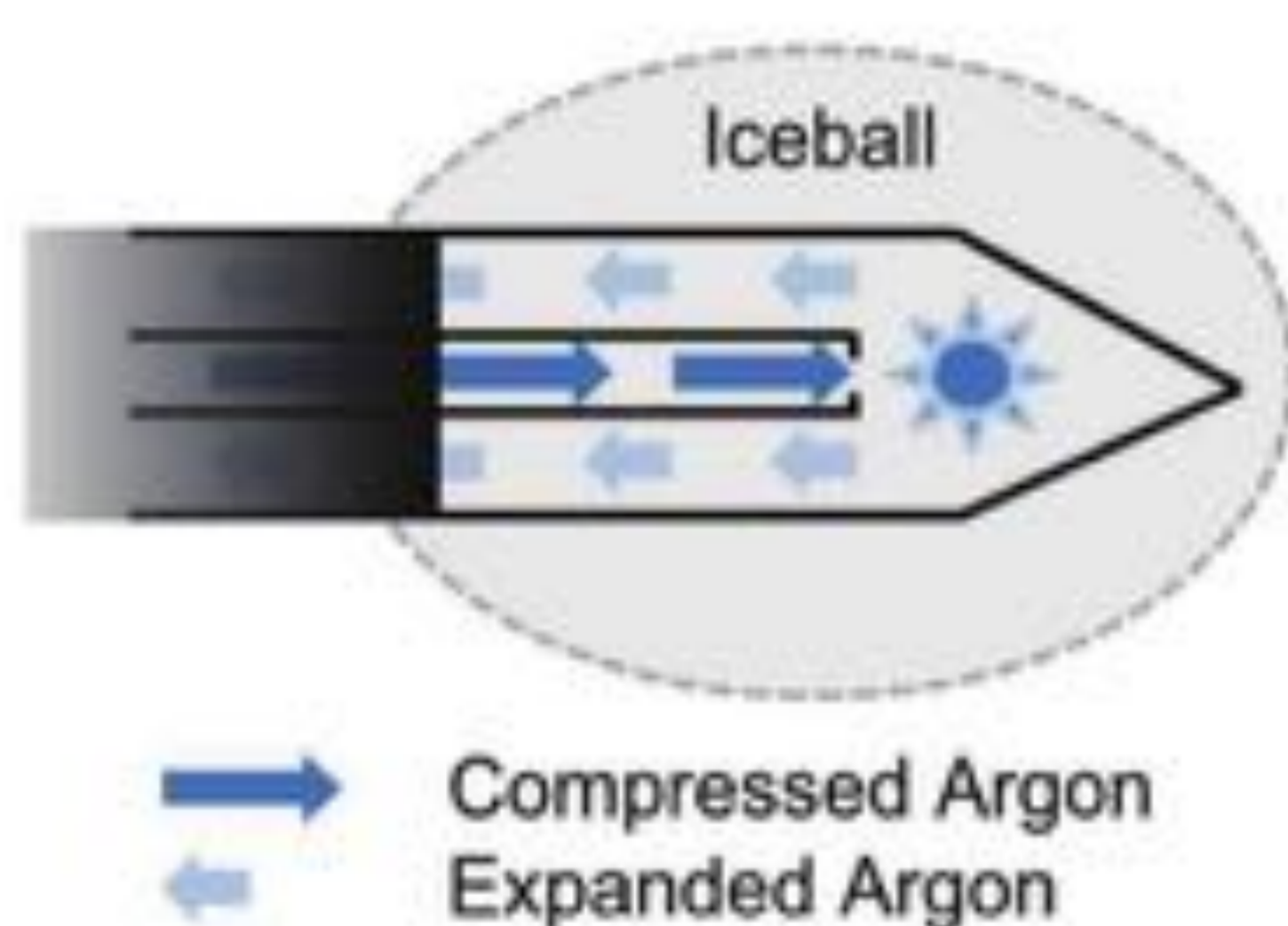


Fig. 1) Efecto Joule-Thomson. Se hace pasar un gas a través de una membrana porosa en un sistema aislado. El gas se expande adiabáticamente en el paso de un contenedor a otro y se produce una variación en su temperatura. La mayoría de gases se someten a este efecto, salvo el hidrógeno, helio y neón. El helio se emplea para descongelar posteriormente el tejido.

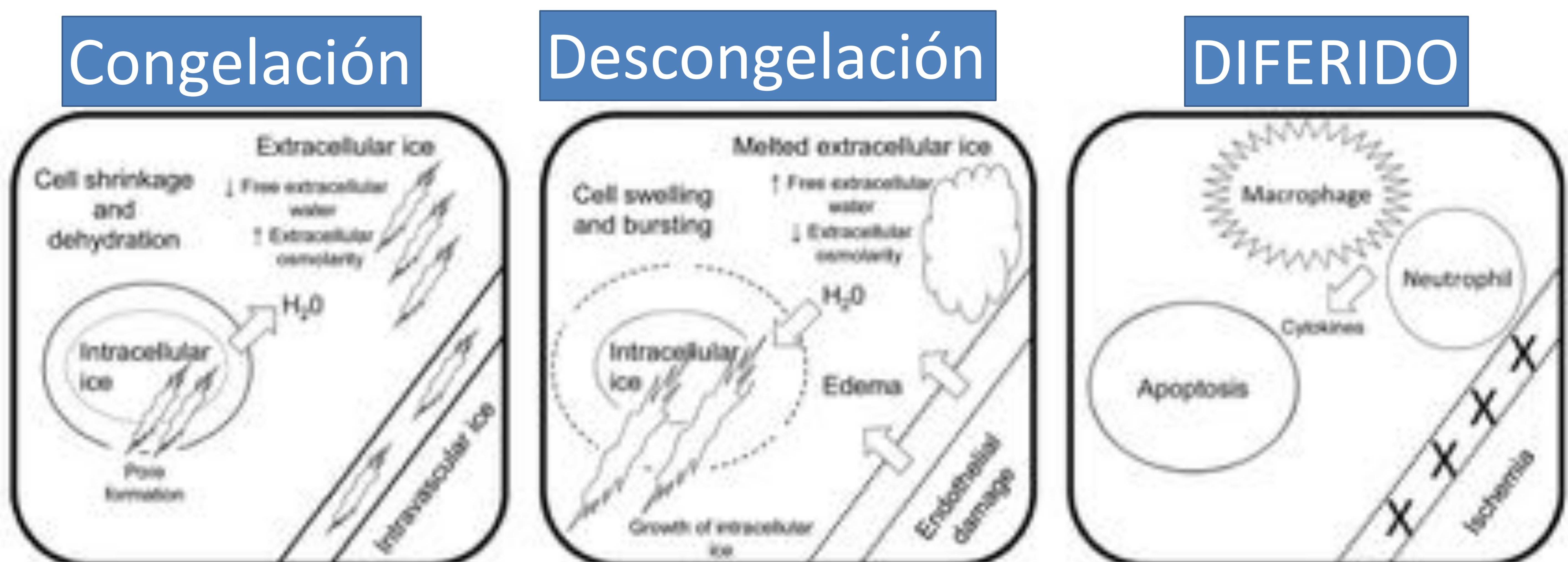


Fig. 2) Crioablación: sesquema del mecanismo de acción (Modificado de Erinjeri JP et al. Cryoablation: Mechanism of action and devices. J Vasc Interv Radiol 2010; S187-91)

- **CONGELACIÓN:** al enfriar la aguja tejido se forman cristales de agua extracelulares que producen deshidratación celular por ósmosis. La formación concomitante de cristales intracelulares y el aumento de la concentración de solutos produce daño directo sobre las organelas y membrana celular (1)(3).
- **DESCONGELACIÓN:** el hielo extracelular se derrite continuando el crecimiento de los cristales intracelulares, lo que condiciona paso de agua al interior de las células dañadas con el consiguiente edema y daño celular (1).
- **De forma diferida (semanas-meses)** las células localizadas en la periferia de la zona de ablación, que no fueron inmediatamente destruidas, irán muriendo por apoptosis, como consecuencia tanto de la isquemia microvascular como de la migración de células fagocíticas (1).

Durante la congelación se forma una **esfera de hielo**, visible mediante diferentes técnicas de imagen como la ecografía, tomografía computerizada (TC) y la resonancia magnética (RM). Al presentar el tejido congelado diferente valor de unidades Hounsfield en la TC, la esfera se visualizará como un **área hipoatenuante bien definida alrededor de la aguja**. El borde de la esfera de hielo presenta una temperatura de 0°C , siendo la ablación efectiva con al menos -20°C , que se consiguen 6-7mm dentro de la misma (**Fig. 3**). El tamaño y la forma de la esfera dependen significativamente del calibre y número de agujas de crioablación empleadas. (**Fig. 4**)

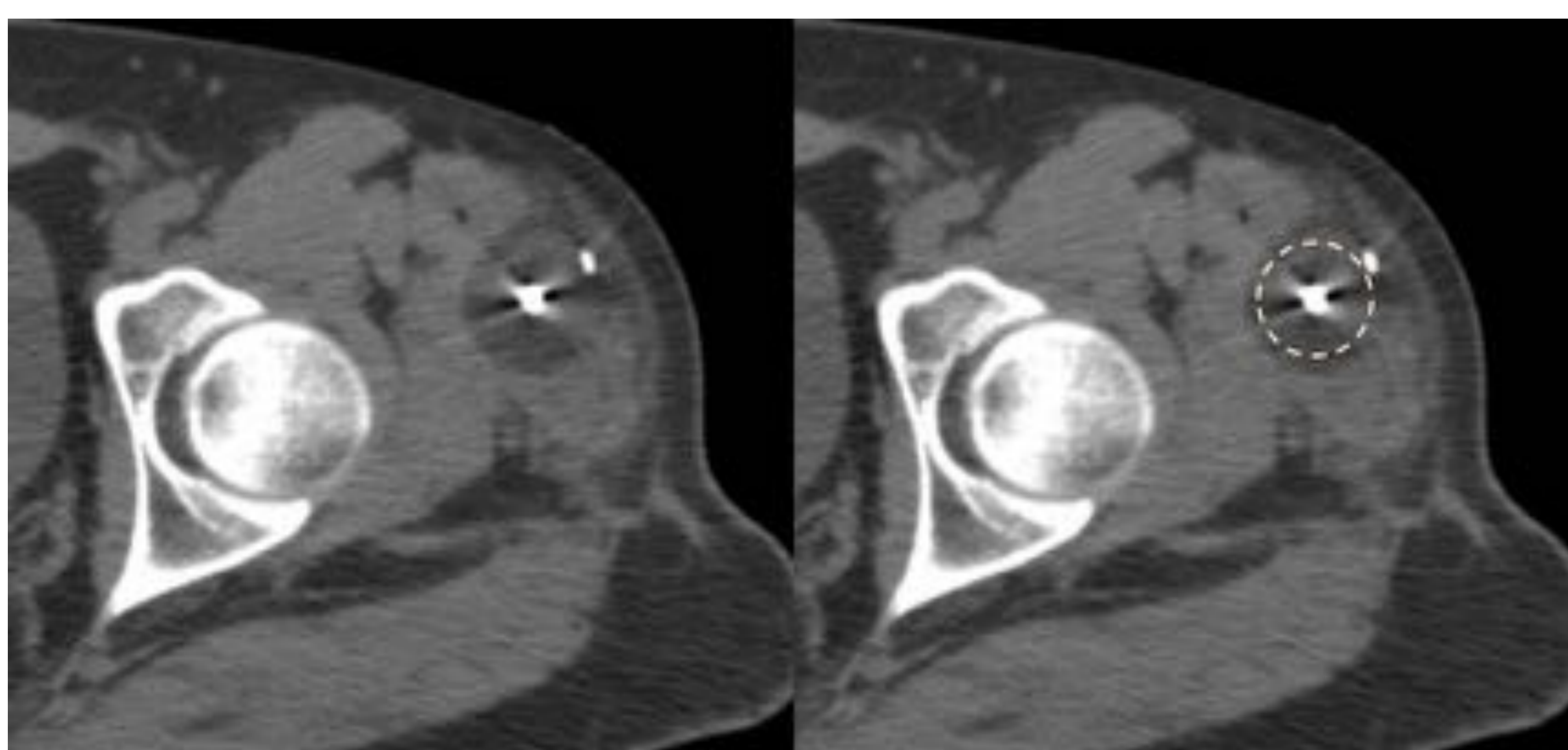


Fig. 3) TC axial mostrando una aguja de crioablación y la esfera de hielo inicial. La línea blanca discontinua indica aproximadamente la zona de -20°C .

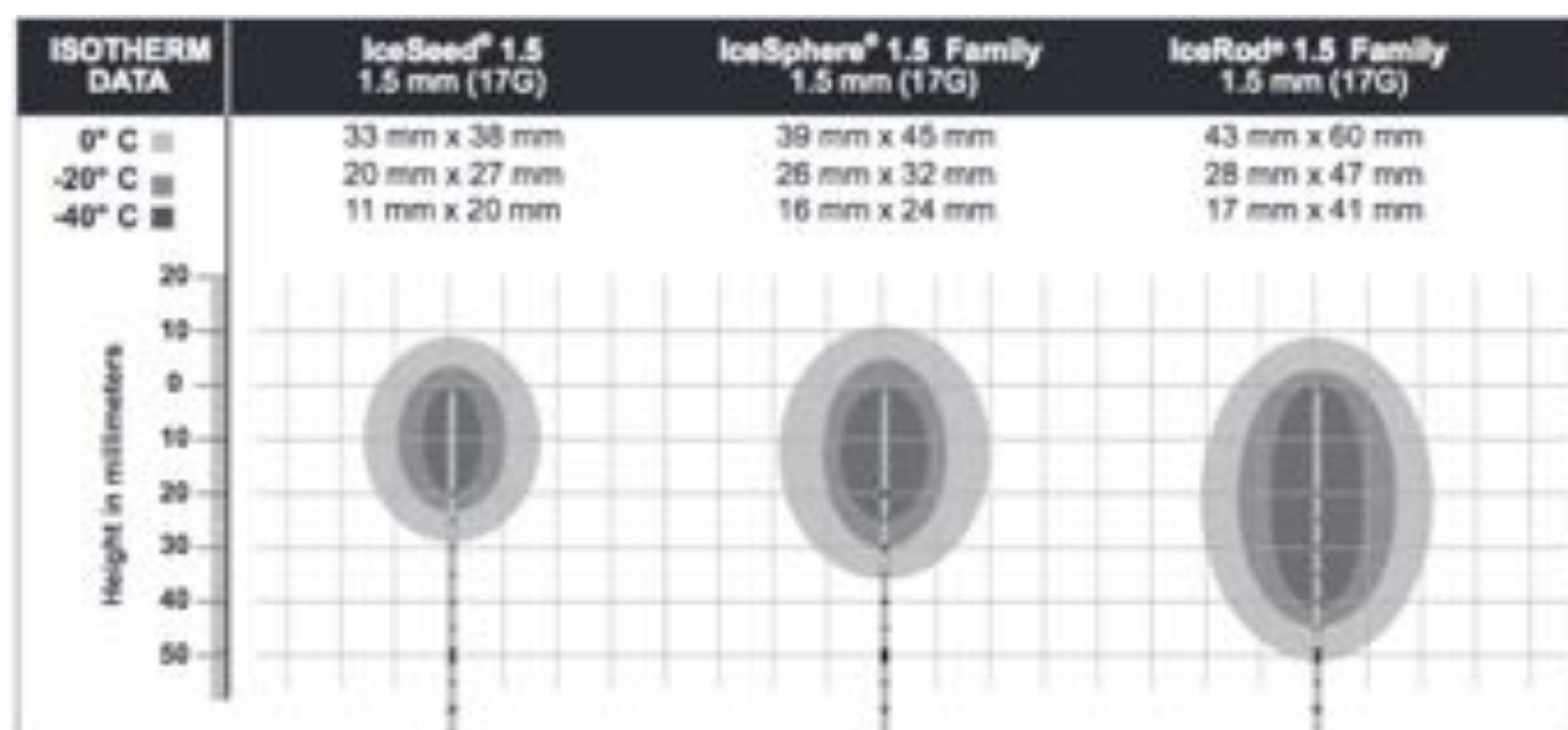


Fig. 4) Algunas opciones de agujas de crioablación, y áreas de cobertura efectiva de la lesión (Galil Medical).

MATERIALES Y MÉTODOS

- Estudio observacional **retrospectivo** de una muestra heterogénea de pacientes (n=10, 6 mujeres, 4 varones), con edad media de 51 años (17-86).
- Analizamos los resultados mediante imagen de las **11** crioablaciones **guiadas por TC** en nuestro centro desde 2016. Se incluyeron **4 lesiones óseas** y **7 de partes blandas**: metástasis (n=2), angioendotelioma (n=1), condroblastoma (n=1), condrosarcoma (n=2), fibromatosis profunda (n=2), sarcoma pleomórfico indiferenciado(n=1); y neuropatía del nervio safeno (n = 1). (**Figs. 5 a 16**)
- El tamaño medio (**diámetro mayor**) de las lesiones previo al procedimiento fue de 45 mm (12-104) para las de partes blandas y de 32,5 mm (14-60) para las óseas.
- Los pacientes firmaron un consentimiento informado detallando el procedimiento y las posibles complicaciones. En un caso se empleó anestesia general (condrosarcoma pélvico) y en dos anestesia epidural (fibromatosis de la pierna y condroblastoma de rodilla). En los 8 pacientes restantes el procedimiento se llevó a cabo bajo sedación y anestesia local.
- Las agujas y el sistema de criogenización empleados fueron fabricados por Galil Medical (Arden Hills, Minnesota). La ablación tuvo lugar mediante un **ciclo de congelación-descongelación-congelación (10'-5'-10')** bajo guía de TC (2), modificándose en casos seleccionados para permitir la completa cobertura del tumor y evitar estructuras adyacentes críticas(2). La **duración media** del procedimiento fue de 140 min. La cantidad media de agujas empleadas fue de 2.7 (1-7).
- Se emplearon guantes estériles llenos de agua caliente para proteger la piel de quemaduras y se inyectó aire estéril para aislar estructuras críticas nerviosas del hielo. En uno de los pacientes el procedimiento fue interrumpido porque la esfera de hielo englobó el nervio peroneo común.
- Analizamos los métodos de crioablación, resultados clínicos/ oncológicos y las complicaciones. El **control post-crioablación** se llevó a cabo mediante **RM en 8 casos, ecografía en 2 y TC en 1.**

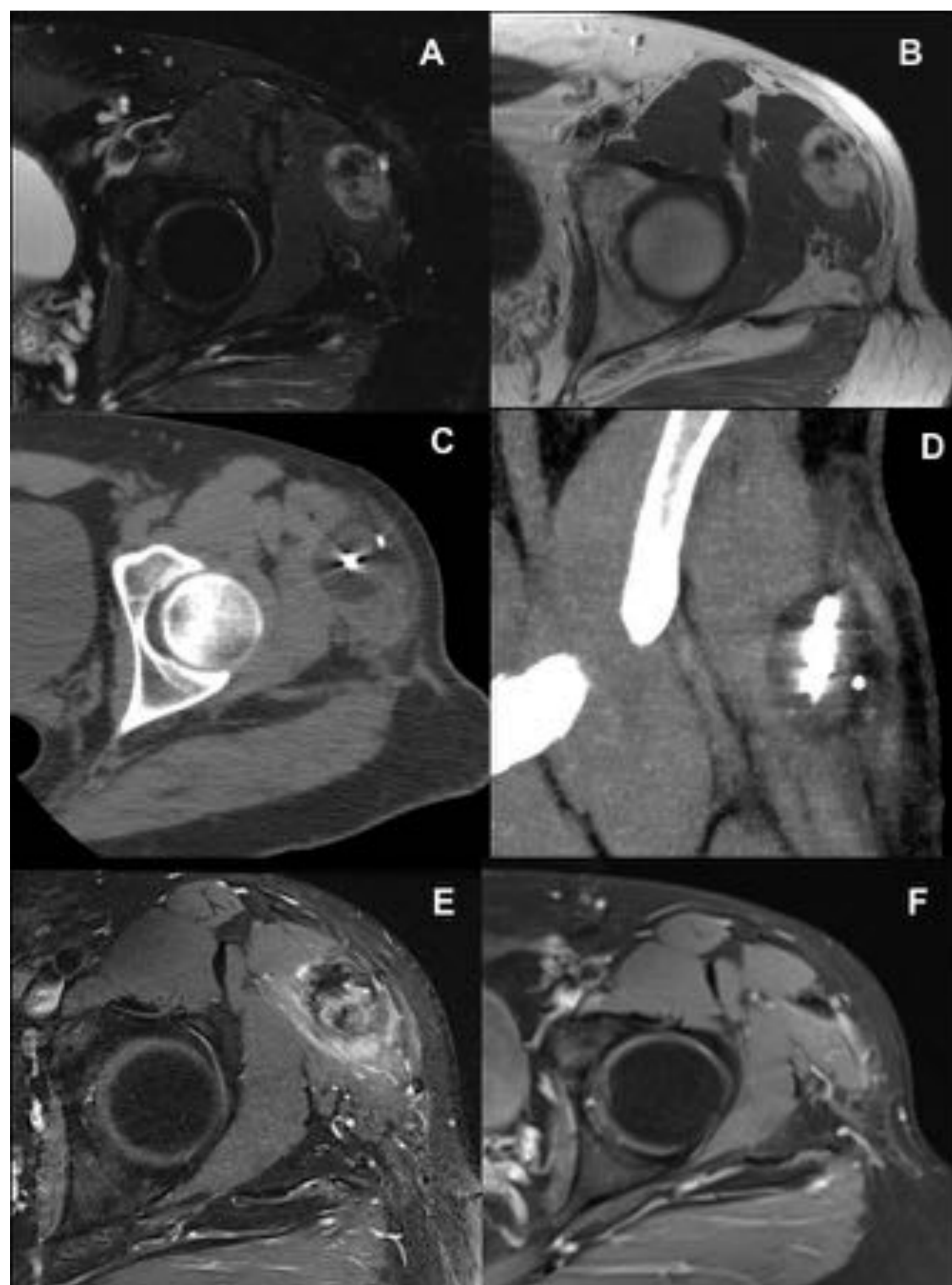


Fig. 5) Fibromatosis del tensor de la fascia lata en un varón de 38 años. Se empleó una aguja IceRod®. **A)** Imagen axial de RM inicial potenciada en T1, presentando la lesión hipointensidad heterogénea con áreas de muy baja intensidad de señal. **B)** La masa se visualiza claramente en secuencia potenciada en T1 tras la administración de gadolinio. **C-D)** Esfera de criablación como una zona de hipodensidad alrededor de la aguja en la TC . **E)** Imagen de RM potenciada en T1 con supresión grasa y administración de gadolinio, que muestra una lesión heterogénea con un grueso halo de realce alrededor del área necrótica. **F)** El control realizado 9 meses después mostraba una cicatriz fibrótica con completa desaparición de los síntomas.

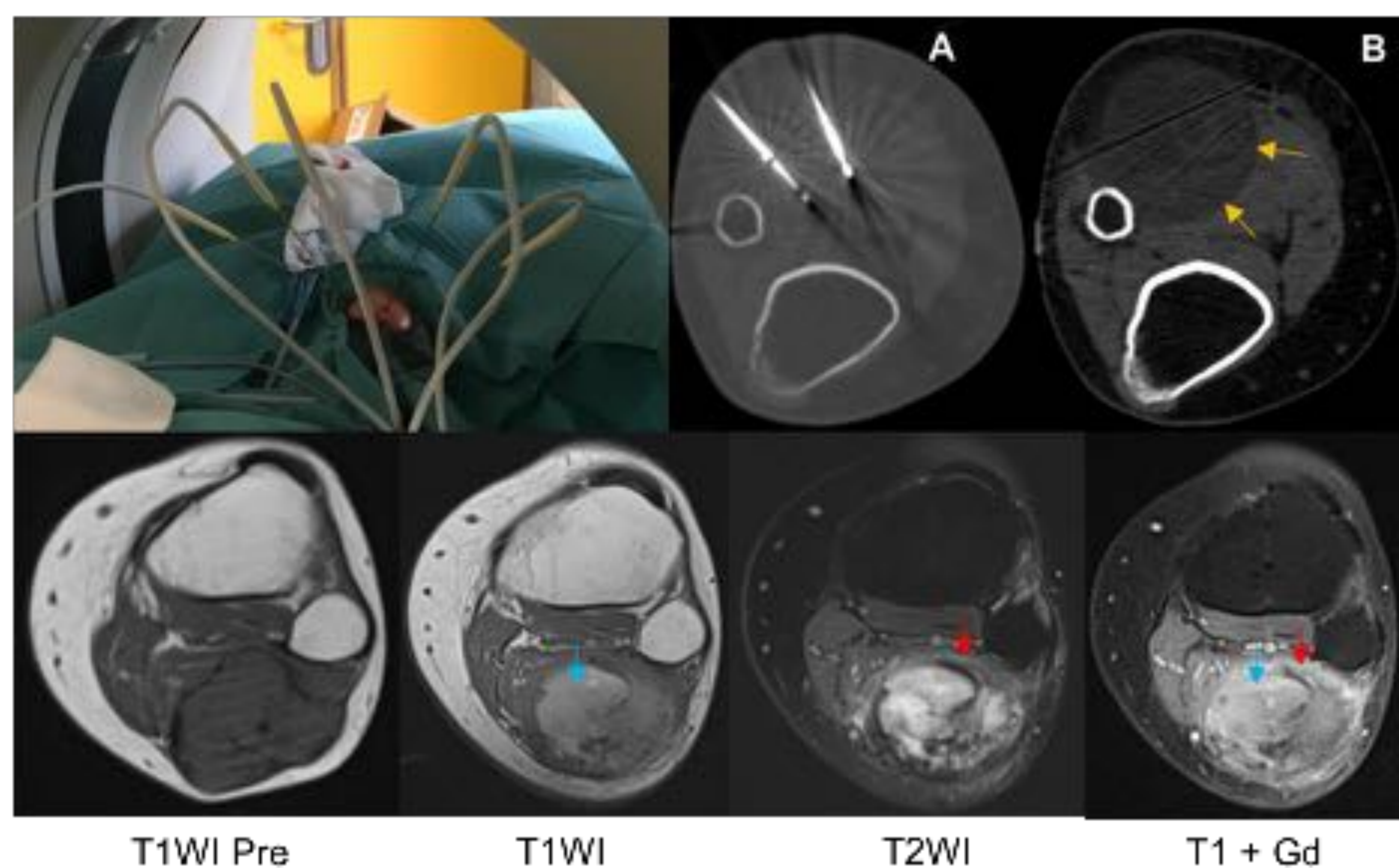


Fig. 6) Fibromatosis del gastrocnemio izquierdo en una mujer de 29 años, cercana al nervio peroneo común. Se emplearon 5 agujas IceRod®. **A-B)** La TC intraprocedimiento muestra dos agujas y la esfera de hielo resultante (flechas amarillas). **Hilera inferior)** Imágenes axiales de RM del tumor antes (izquierda) y después del procedimiento. En secuencias potenciadas en T1 se observa hiperseñal de la zona ablacionada (flecha azul). En la secuencia potenciada en T2 con saturación grasa se observa hiperseñal, con un sutil halo de hiperintensidad (flecha roja) que marca el borde de ablación. La imagen en T1 con supresión grasa tras la administración de gadolinio (derecha) muestra realce periférico (flecha roja) que no se distingue claramente de la zona hiperintensa ablacionada (flecha azul).

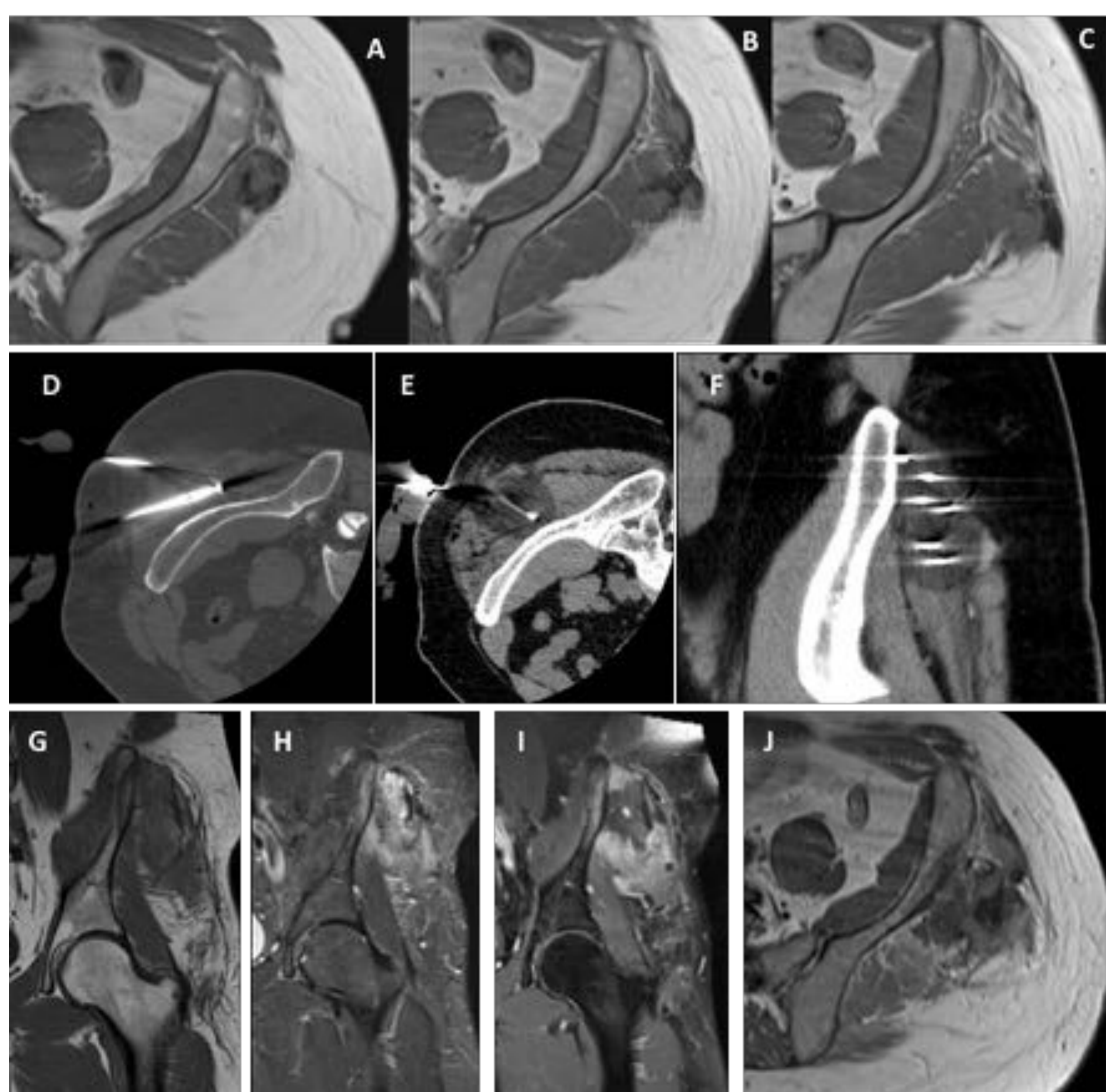


Fig. 7) Fibromatosis de la aponeurosis glútea en un varón de 38 años. Se emplearon 5 agujas IceRod® .**A-C)** Secuencia axial potenciada en T1 que muestra la extensión del tumor. **D-F)** Posicionamiento de las agujas y esfera de hielo durante el procedimiento. **G-J)** Control post-ablación con imagen coronal potenciada en T1 con saturación grasa (**G**), coronal potenciada en T2 con saturación grasa (**H**), coronal potenciada en T1 con saturación grasa y administración de gadolinio (**I**); y axial potenciada en T1 con gadolinio (**J**). El área inflamatoria alrededor de la lesión diana se aprecia mejor en secuencias con saturación grasa y administración de contraste paramagnético(**I**).



Fig. 8) Varón de 86 años con metástasis de cordoma en el músculo piriforme derecho. La relación entre el nervio ciático y la metástasis se muestra en la imagen (flechas).

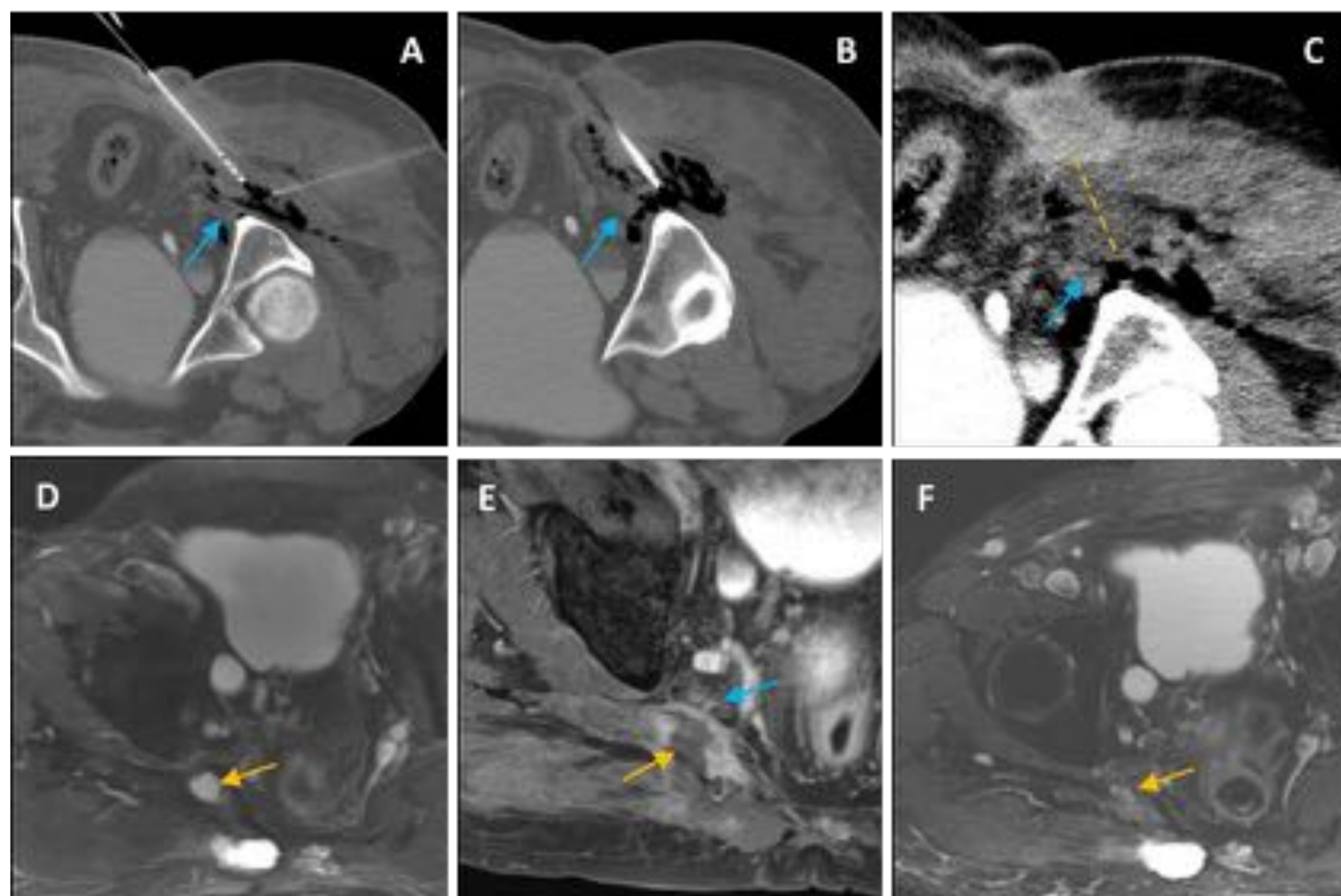


Fig. 9) Mismo paciente de la figura 8. Se emplearon 2 agujas IceSphere®, en dos niveles diferentes. **A-C)** Se inyectó aire estéril entre el tumor y el nervio ciático a modo de aislante (flecha azul). La esfera de hielo final se muestra en la figura **C** (línea de puntos) con afectación marginal del nervio pese al aislamiento. **D)** Imagen axial potenciada en T2 con supresión grasa mostrando la metástasis (flecha amarilla). **E)** Secuencia axial potenciada en T1 con supresión grasa y administración de gadolinio, que muestra el área necrótica (flecha amarilla) con un halo de inflamación cercano al nervio ciático (flecha azul). **D)** Seis meses después la lesión había desaparecido casi completamente, con tejido cicatricial en la zona (flecha amarilla). La función del nervio ciático se recuperó completamente.

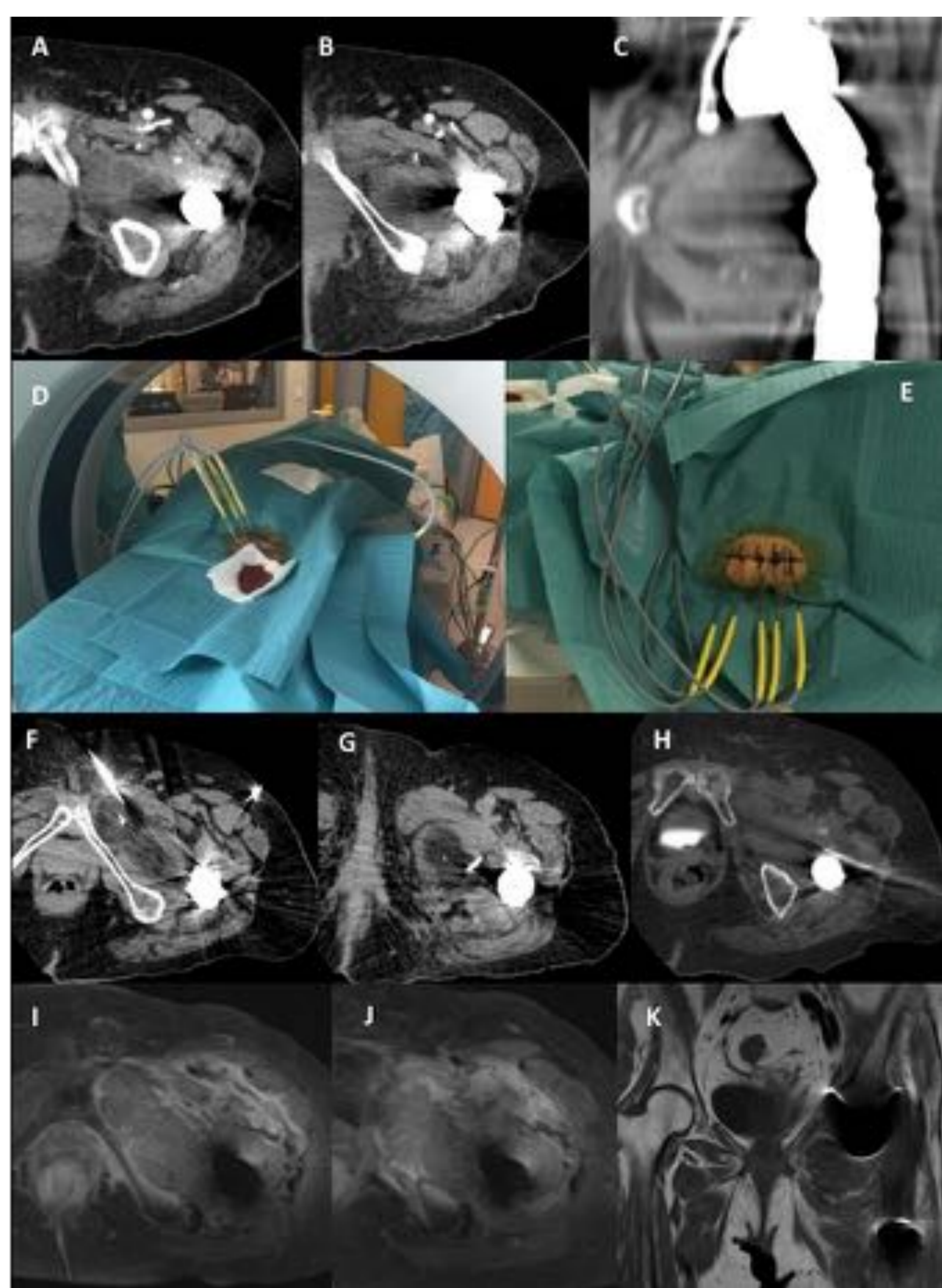


Fig. 10) Varón de 85 años con insuficiencia cardíaca severa y recurrencia local de condrosarcoma en la región inguinal izquierda. Se propuso un “debulking” paliativo para mejorar la calidad de vida y el dolor. Se emplearon 5 agujas IceRod® y llevamos a cabo 3 ciclos de congelación-descongelación-congelación **A-C)** La TC basal muestra una masa polilobulada hipodensa en la zona del músculo obturador externo, entre el hueso izquiático y la prótesis (existía también tumor alrededor del margen externo de la misma). **D)** Primer posicionamiento de las agujas, 4 anteriores y 1 antolateral para cubrir la ingle. **E)** Segundo posicionamiento de las agujas, laterales a la prótesis (ver también **H**). **F-G)** Esfera de hielo resultante. Algunas zonas periféricas no se cubrieron adecuadamente .**H)** Esfera de hielo derivada del segundo posicionamiento, lateral a la prótesis. **I-J)** Secuencia de RM axial potenciada en T1 con saturación grasa y administración de gadolinio, mostrando el área hipovascular de crioablación. **K)** Secuencia coronal potenciada en T1 tras el procedimiento.

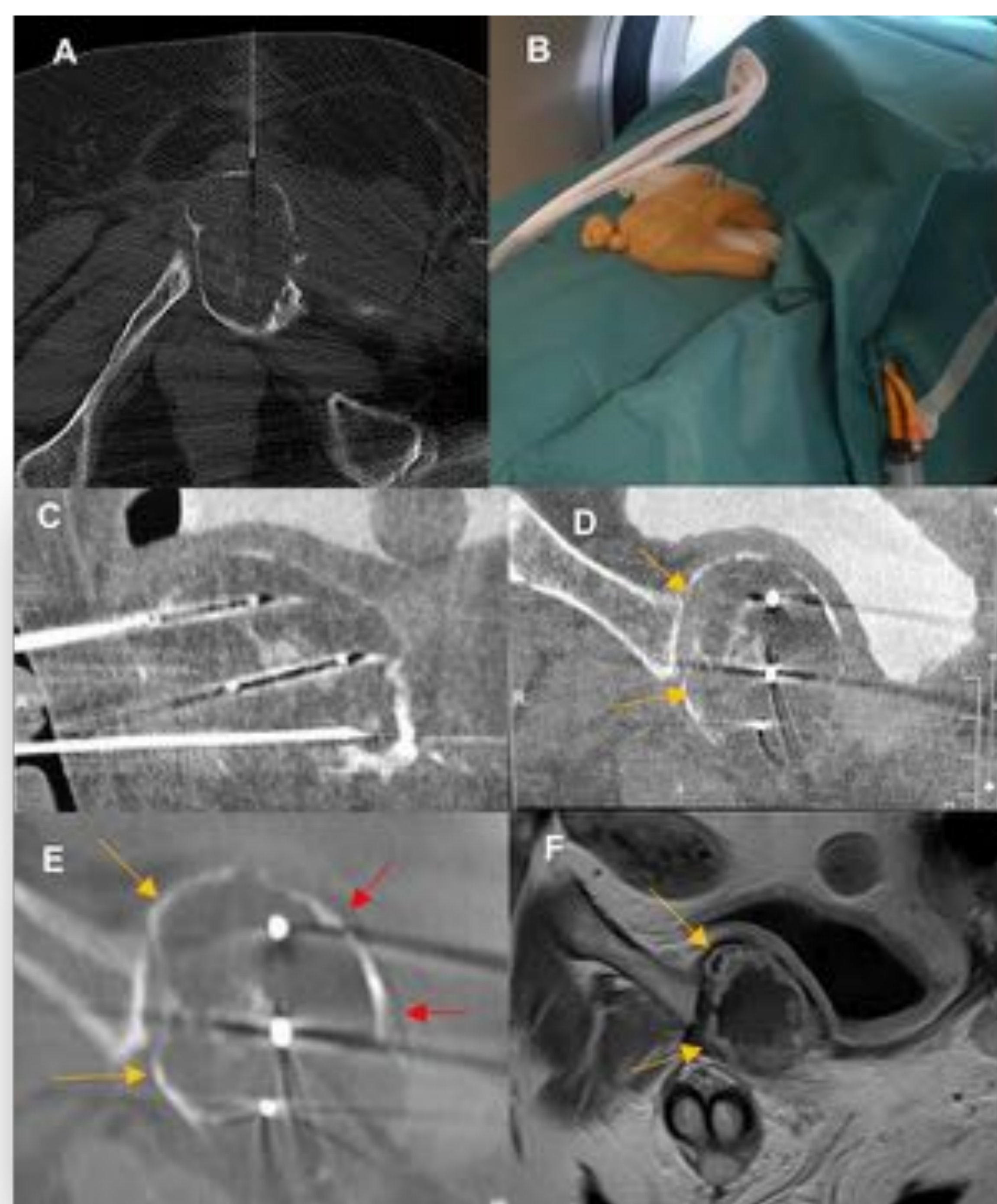


Fig. 11) Varón de 70 años con condrosarcoma en pubis izquierdo , reacio a someterse a más cirugías. Se emplearon dos agujas IceEdge® y una IceRod®. Se llevó a cabo instilación continua vesical de suero salino estéril caliente a través de un catéter Foley. **A)** TC axial con lesión expansiva lítica en el hueso pubiano izquierdo. **B)** Imagen de tres agujas con abordaje antero-posterior. Se observó escarcha cutánea al congelar, así como del catéter Foley y de los globos llenos de agua caliente. **C-D)** Agujas posicionadas en la lesión. Tras los 10 primeros minutos de congelación se apreció una cobertura insatisfactoria de la región medial (flechas amarillas), decidiéndose aplicar minutos extra. **E)** TC coronal tras finalizar la ablación. La esfera de hielo ocupaba la lesión e iba más allá de la cortical ósea en su región externa (flechas rojas), pero no se distinguía en la región medial (flecha amarilla). **F)** Secuencia coronal de RM potenciada en T1 con administración de gadolinio obtenida 6 meses después, en la que visualizamos un área necrótica en el hueso púbico, y una pequeña zona de recurrencia (flechas amarillas).

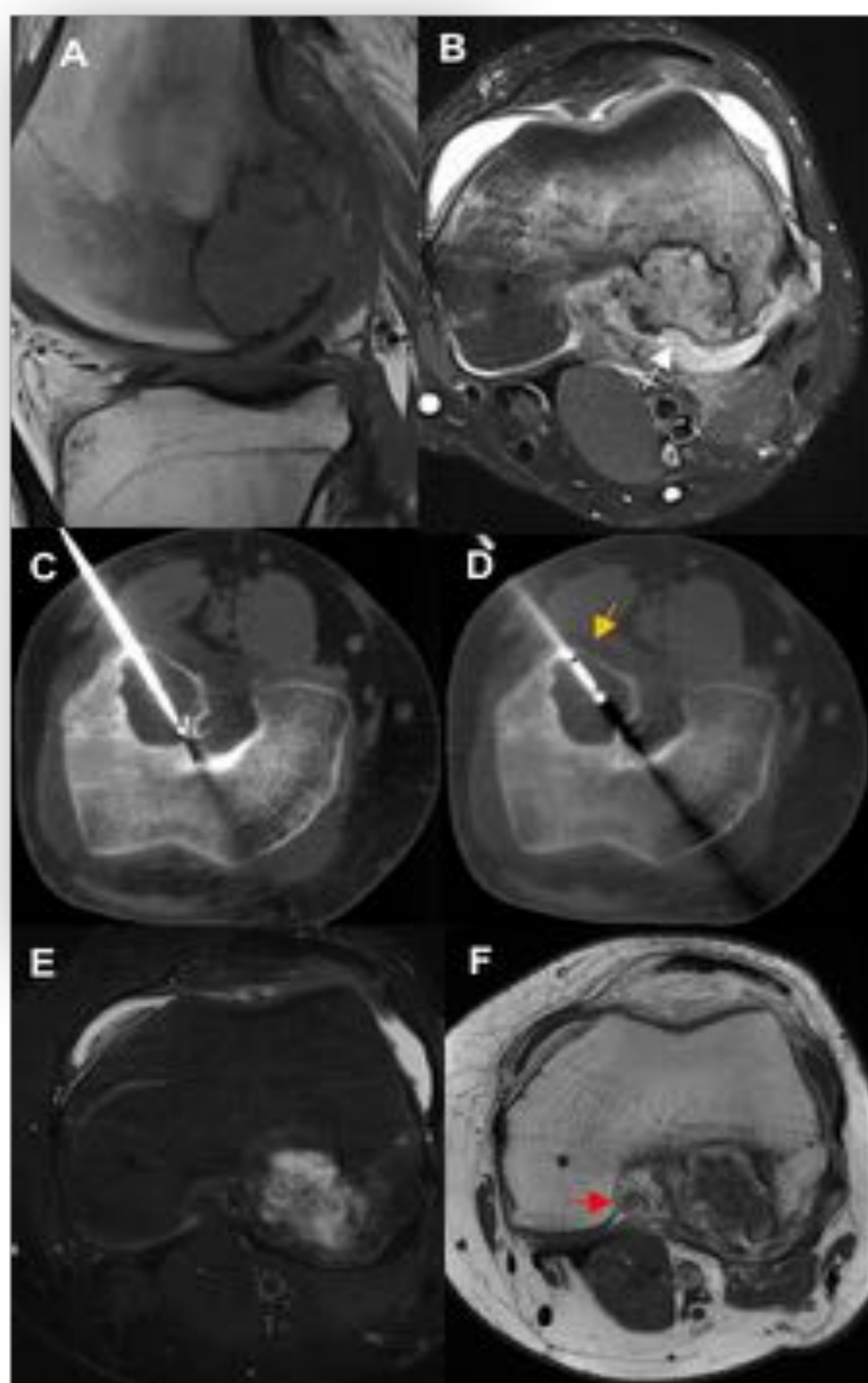


Fig. 12) Varón de 17 años con condroblastoma en el cóndilo femoral lateral, asociando fractura osteocondral patológica en una zona no sometida a carga. Tratando de retrasar la sustitución protésica el máximo tiempo posible, se propuso la crioablación como paso inicial, empleándose dos agujas IceRod® . **A)** Secuencia sagital de RM potenciada en T1 mostrando la lesión lítica en el aspecto posterior del cóndilo lateral. **B)** Secuencia axial potenciada en T2 con saturación grasa que muestra una lesión irregular con colapso del platillo osteocondral en la superficie posterior, acompañándose de edema de médula ósea y derrame articular. **C)** Aguja de crioablación con extremo en el área más profunda, no apreciándose la esfera de hielo en ese momento. **D)** Borde de la esfera de hielo detrás del hueso cortical (flecha), visible en la fase de retirada. **E)** El control por RM axial potenciada en T2 con saturación grasa realizado 6 meses después mostraba leve hiperseñal de la zona necrótica sin edema de médula ósea. El derrame articular seguía presente y se observaba un pequeño cuerpo intraarticular en la tróclea femoral. **F)** Secuencia axial potenciada en T1 con saturación grasa y administración de gadolinio, donde se evidenciaba un grueso anillo de hiperseñal dentro de la lesión y un engrosamiento nodular sinovial en la fosa intercondílea (flecha) .



Fig. 13) Varón de 17 años con condroblastoma. **A-B)** TC coronal sin contraste realizada un día después del procedimiento (izquierda) y 6 meses más tarde (derecha) , mostrando crecimiento de hueso dentro de la cavidad(flechas rojas) **C)** Imagen de RM coronal potenciada en T1 realizada 6 meses después mostrando áreas de hiperseñal subcondral (flecha) secundarias a crecimiento de médula ósea grasa. **D)** Imagen coronal potenciada en T1 con supresión grasa y administración de gadolinio realizada en el mismo momento, mostrando un borde realzante (flecha) en el interior de la lesión, probablemente en relación con tejido de granulación recubriendo el nuevo hueso en formación.

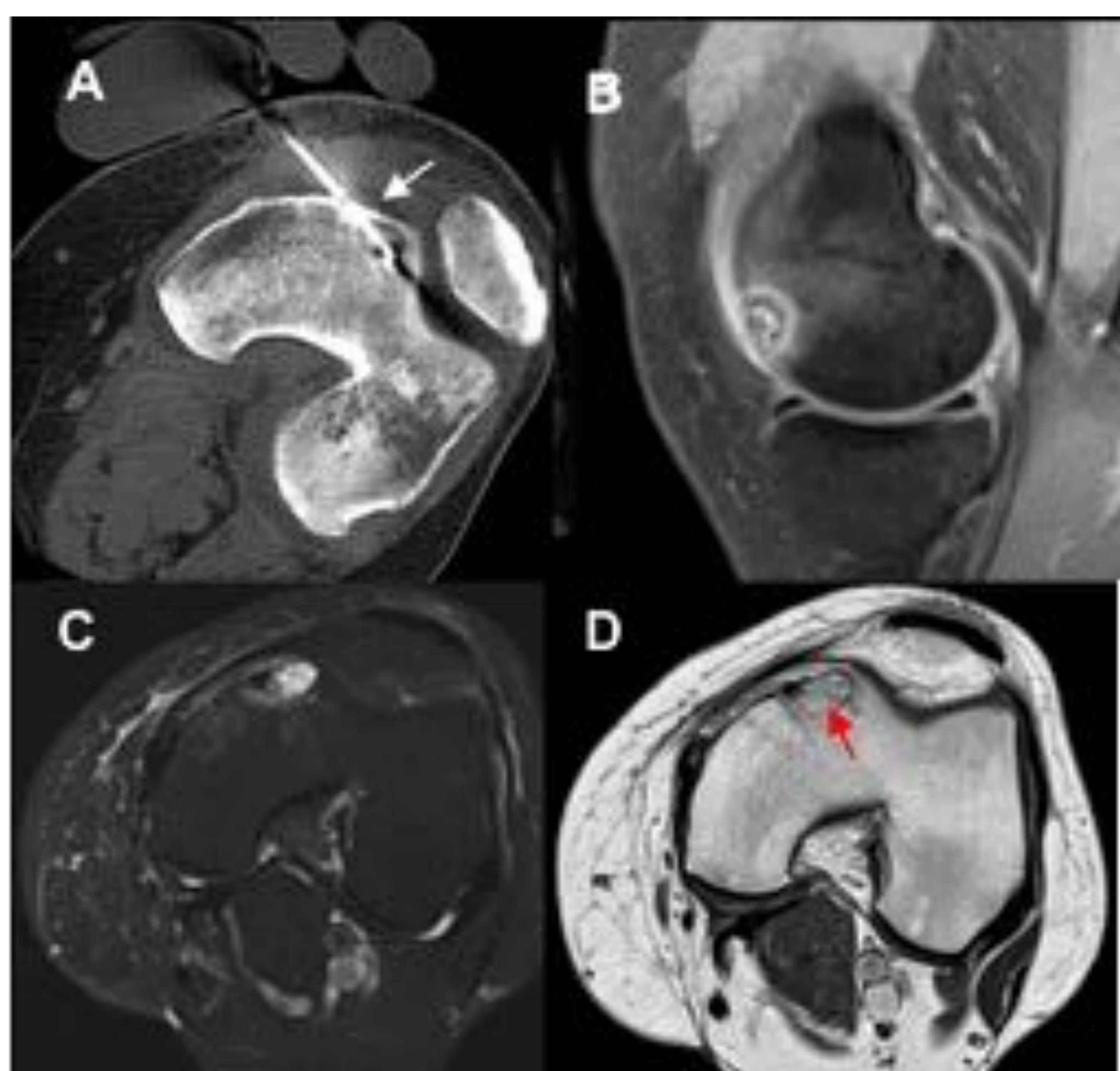


Fig 14) Mujer de 50 con angioendoteloma doloroso en el cóndilo femoral medial. Se empleó una aguja IceSphere® bajo anestesia local. **A)** Aguja de crioablación con hipodensidad de la esfera de hielo, sólo visible en los tejidos blandos (flecha blanca). **B)** Imagen de RM densidad protónica con saturación grasa mostrando un halo hiperintenso alrededor de la lesión. **C)** Secuencia axial potenciada en T2 con saturación grasa obtenida 3 meses después, que muestra un pequeño foco de hiperintensidad dentro de la lesión, sin edema de médula asociado. **D)** Imagen axial potenciada en T1 con administración de gadolinio, mostrando intenso realce del tejido intralesional visto en la imagen potenciada en T2. A pesar de que una posibilidad es que se tratase de tejido de granulación, la lesión fue extirpada quirúrgicamente y se confirmó la recurrencia. Probablemente tendríamos que haber posicionado la aguja más profundamente hacia la cortical opuesta.

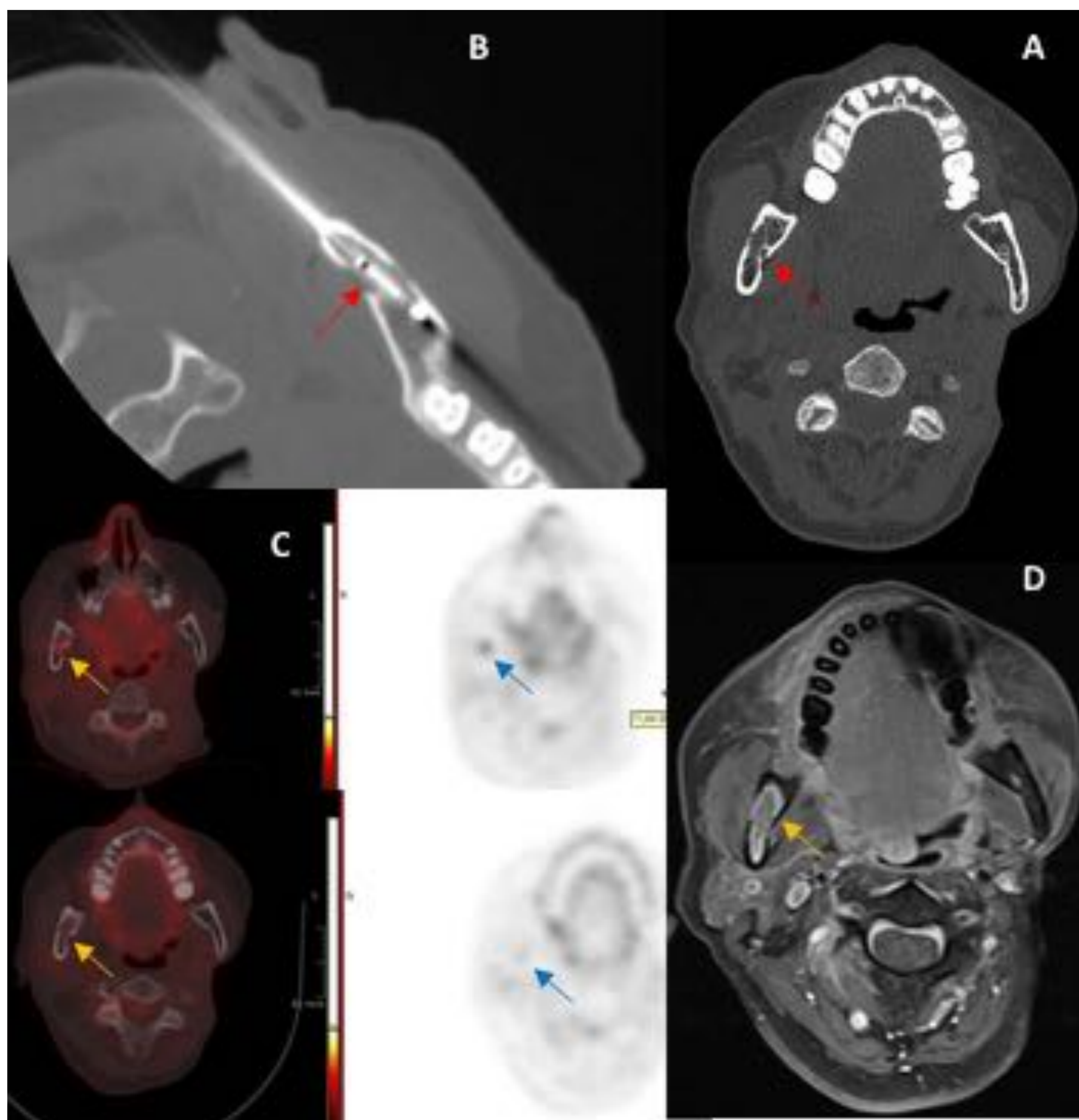


Fig 15) Mujer de 56 años con metástasis mandibular de carcinoma de parótida contralateral. **A)** TC basal con lesión lítica mandibular próxima al foramen mandibular (flecha roja). **B)** Crioablación con aguja insertada cerca del nervio mandibular (flecha roja). **C)** Captación comparativa de F18DG en PET-TC previo (superior) y 5 meses tras la ablación (flechas). **D)** Imagen de RM axial potenciada en T1 con supresión grasa y administración de gadolinio, obtenida 6 meses tras el procedimiento, mostrando escaso realce de la lesión ósea con un anillo periférico realzante (flecha amarilla).

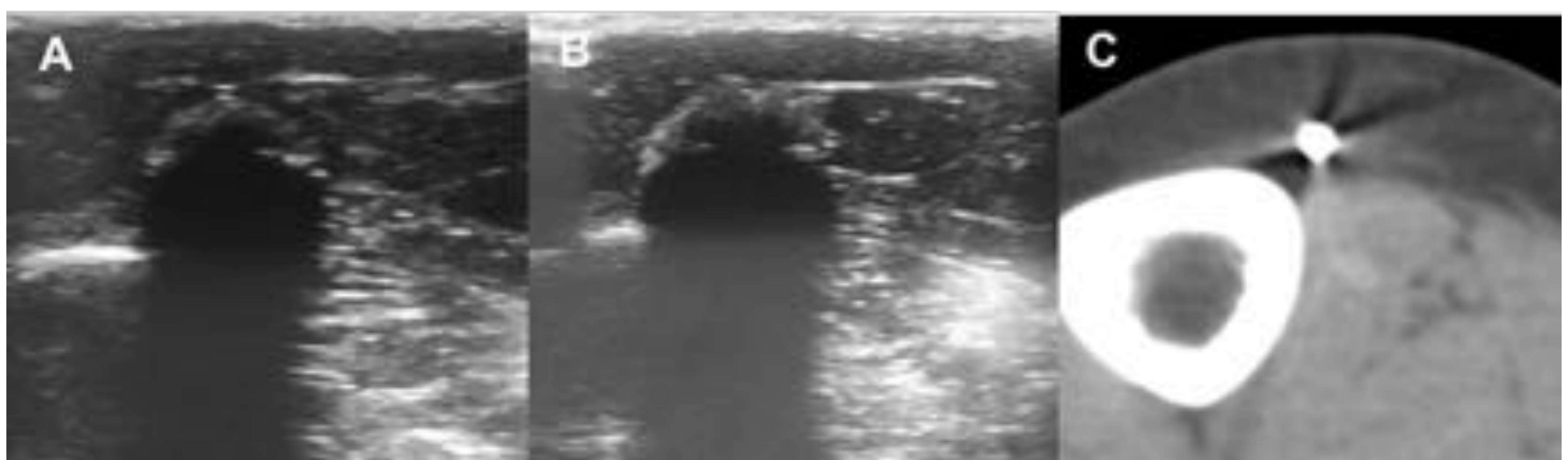


Fig 16) Mujer de 22 años con neuropatía del safeno. **A-B)** Ecografía realizada durante el procedimiento, mostrando cómo crece la esfera de hielo en forma de área ecogénica con sombra acústica posterior. **C)** CT axial en el mismo momento que **B)** , que de manera interesante no mostraba la esfera de hielo.

RESULTADOS

Los resultados de la crioablación percutánea se analizaron de acuerdo al tipo de tumor primario y su distribución anatómica en las localizaciones definidas en la **Tabla 1**.

CLASIFICACIÓN	SEXO	EDAD	DIAGNÓSTICO	LOCALIZACIÓN	TAMAÑO PREVIOR (mm) (T x AP x CC)	COMPLICACIÓN	TAMAÑO POSTERIOR (mm) (AP x T x CC)	RESPUESTA	DOLOR
TEJIDOS BLANDOS	Varón	38	Fibromatosis	Tensor de la fascia lata izquierdo	22x32x38		Cicatriz fibrótica	Cicatriz fibrótica estable tras 14 meses	Desaparición
	Varón	38	Fibromatosis	Región glútea	25x30x28		No evaluado	No evaluado aún	Desaparición
	Mujer	32	Fibromatosis	Pierna izquierda	52x32x104	Parálisis transitoria del nervio ciático-poplíteo externo	54x28x115	Parcial debajo del nervio peroneo común. Progresión proximal.	Desaparición
	Varón	86	Metástasis de cordoma	Musculo piriforme izquierdo	15x12x14		Cicatriz fibrótica	Cicatriz tras 12 meses	No
	Mujer	53	Sarcoma pleomórfico	Musculo paraespinal izquierdo	9x6x12	Quemadura cutánea de primer grado	11x8x15	Recurrencia local	No
	Mujer	85	Condrosarcoma	Ingle izquierda	45x74x54		43x51x37	Recurrencia parcial/local	Desaparición
ÓSEAS	Varón	70	Condrosarcoma	Rama pubiana izquierda	40x60x55		10x20x25	Recurrencia parcial/marginal	Desaparición
	Varón	16	Condroblastoma	Rodilla izquierda	27x25x38	Fractura patológica y colapso articular por insuficiencia mecánica	Cambios necróticos	Recurrencia parcial/sinovial	Recurrencia
	Mujer	50	Angioendotelioma	Epicóndilo medial izquierdo	14x10x10		8x10x10	Recurrencia parcial/intralesional	Desaparición
	Mujer	56	Metástasis de carcinoma de parótida	Mandíbula derecha	7x17x10	Parálisis transitoria del nervio mandibular	Cambios necróticos	Completa tras 6 meses	Desaparición
NEUROLISIS	Mujer	22	Neuropatía del nervio safeno	Nervio safeno				Parcial	Recurrencia a los 4 meses

Table 1. Datos demográficos, hallazgos radiológicos, complicaciones y resultados oncológicos.

En dos de los casos la esfera de hielo no englobó todo el tumor porque se encontraron **estructuras nerviosas** adyacentes (fibromatosis del gemelo y condrosarcoma pélvico). En el resto de pacientes sí se consiguió abarcar la lesión: en 8 de ellos consideramos que se superponía (**Fig. 17**); y en otro algunas zonas no quedaron perfectamente cubiertas (**Fig. 11**). El tamaño medio de tumor no necrótico tras 3-6 meses cambió de 45 mm a 39 mm (0-115) en el caso de las lesiones de partes blandas, y de 32,5 mm a 10mm (0-25) en las óseas. El aparente mal resultado de las tumoraciones de partes blandas se debió al caso de la fibromatosis gemelar: mostraba clara disminución en el área ablacionada pero continuó creciendo hacia el nervio peroneo común; habiendo considerado nosotros toda la lesión a la hora de realizar la medición. (**Fig. 18**)

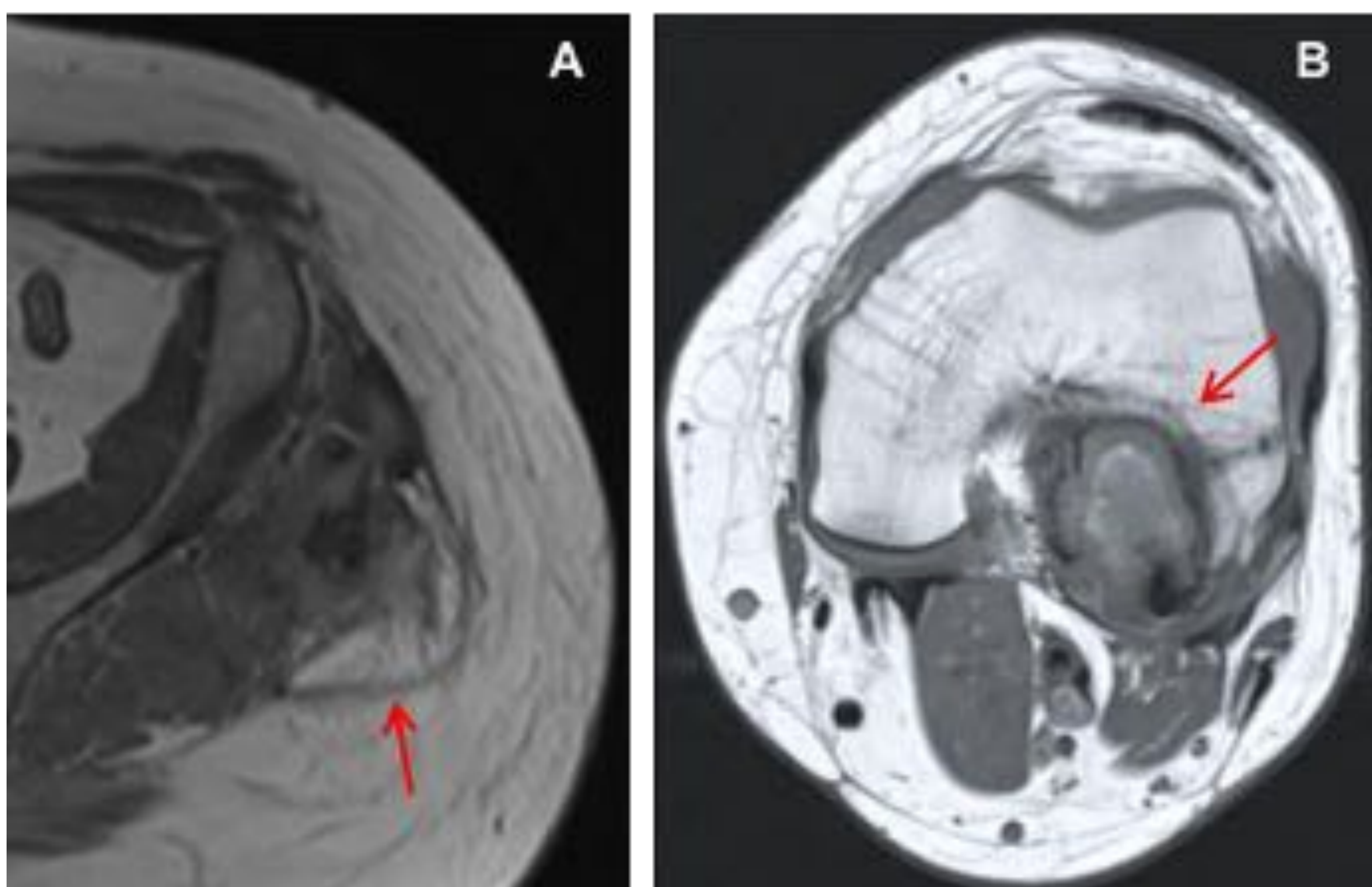


Fig. 17) Margen de crioablación. **A)** Fibromatosis glútea mostrando borde hipointenso alrededor del área ablacionada que se superpone al tumor (flecha) en RM potenciada en T1 realizada en el primer mes post-procedimiento. **B)** Condrioblastoma. Se identifica el mismo borde hipointenso en el hueso esponjoso que rodea la lesión en secuencia potenciada en T1 (flecha). Este hallazgo podría corresponder a reaccion inflamatoria de la medula ósea en el borde de congelación.

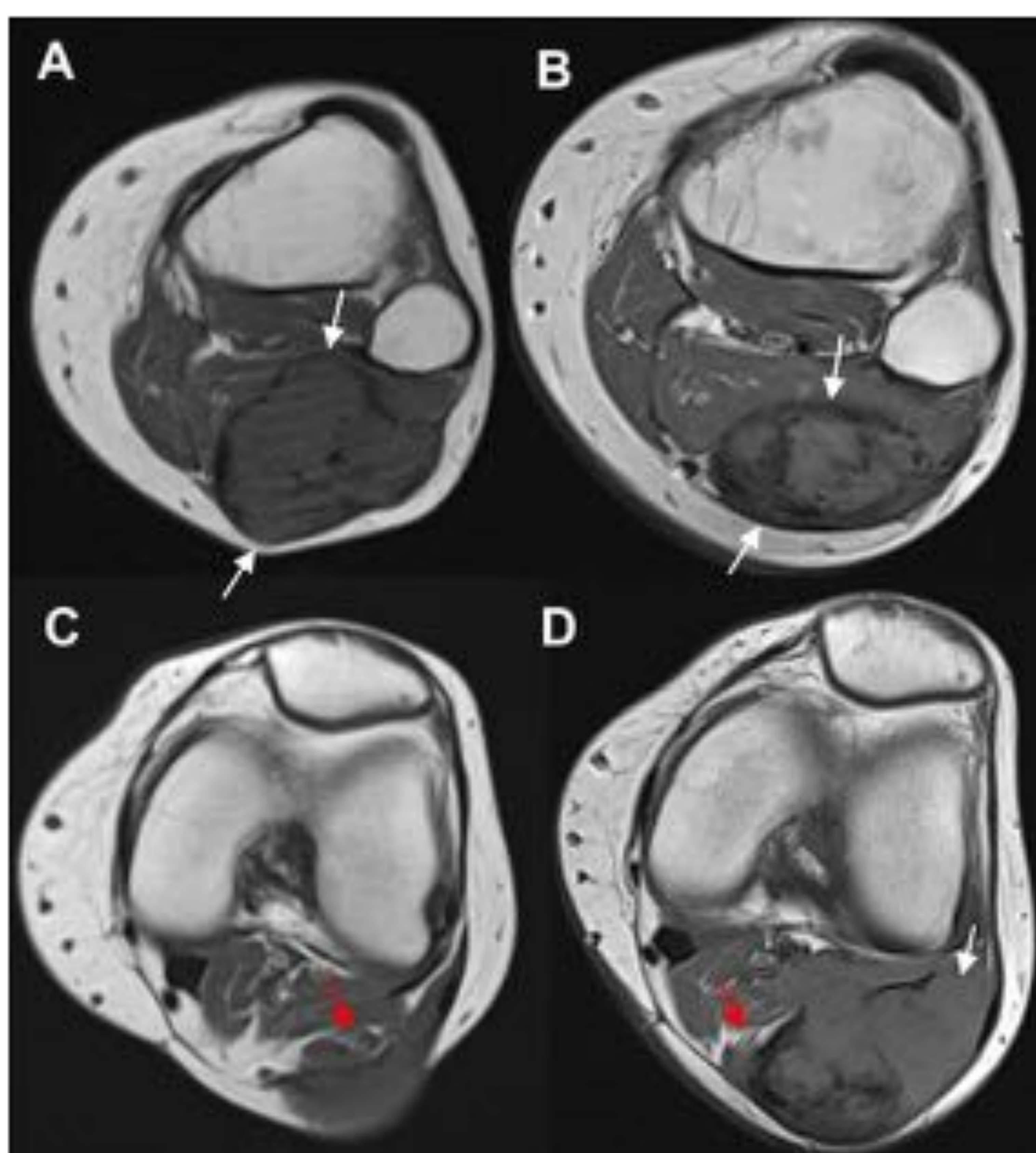


Fig. 18) Fibromatosis de gastrocnemio en una mujer de 29 años. La crioablación fue incompleta debido a la afectación del nervio peroneo común durante el procedimiento. **A)** Imagen axial de RM potenciada en T1 mostrando una gran tumoración en el gemelo. **B)** Se muestra el mismo nivel 12 meses tras la crioablación, con disminución significativa de tamaño. **C)** Imagen axial potenciada en T1 de un nivel proximal al mostrado en **A**, que no se pudo ablacionar correctamente debido a la presencia del nervio (flecha). **D)** El mismo nivel 12 meses después, con crecimiento del tumor y desplazamiento del nervio peroneo común (flecha).

Se establecieron dos patrones diferentes de realce con gadolinio en la RM: **(Tabla 2)**

- Patrón de **realce periférico / en anillo** alrededor del área necrótica, que alcanza su máximo grosor a los 1-3 meses, sugiriendo cambios inflamatorios o presencia de tejido de granulación. Si pasados los 3 meses adquiere forma nodular o irregular, en la mayoría de casos es sugestivo de recurrencia tumoral **(Fig. 19)**.
- El patrón de realce **nodular/ homogéneo intralesional** tras el tercer mes se asoció, en nuestra experiencia, a recurrencia tumoral **(Fig 14)**.

TIEMPO	T1W1	T2W1	T1 + GD (REALCE)	CAMBIO DE TAMAÑO
1-3 meses *	↑señal ^a	↑Señal ^a . Halo periférico hiperintenso ^b	No realce del área ablacionada (realce inmediatamente posterior a la ablación difícil de valorar ^a) Realce periférico/ en anillo ^b	↓
3-6 meses *	↓señal	↓señal	↓ realce periférico/ en anillo. Ausencia de realce del área ablacionada.	↓
>6 meses	↓señal ^c	↓señal ^c	Ausencia de realce del área ablacionada por necrosis o fibrosis	↓

^a)La alta intensidad de señal en T1W1 puede ser atribuible a coagulación y cambios hemorrágicos centrales.

^b)El halo hiperintenso periférico y el realce en anillo pueden atribuirse a presencia de tejido de granulación e inflamación.

^c)El descenso de la intensidad de señal puede deberse a la desaparición del tejido necrótico y sustitución del tumor ablacionado por una cicatriz fibrótica.

Tabla 2. Cambios en el patrón de intensidad de señal sugestivos de respuesta favorable

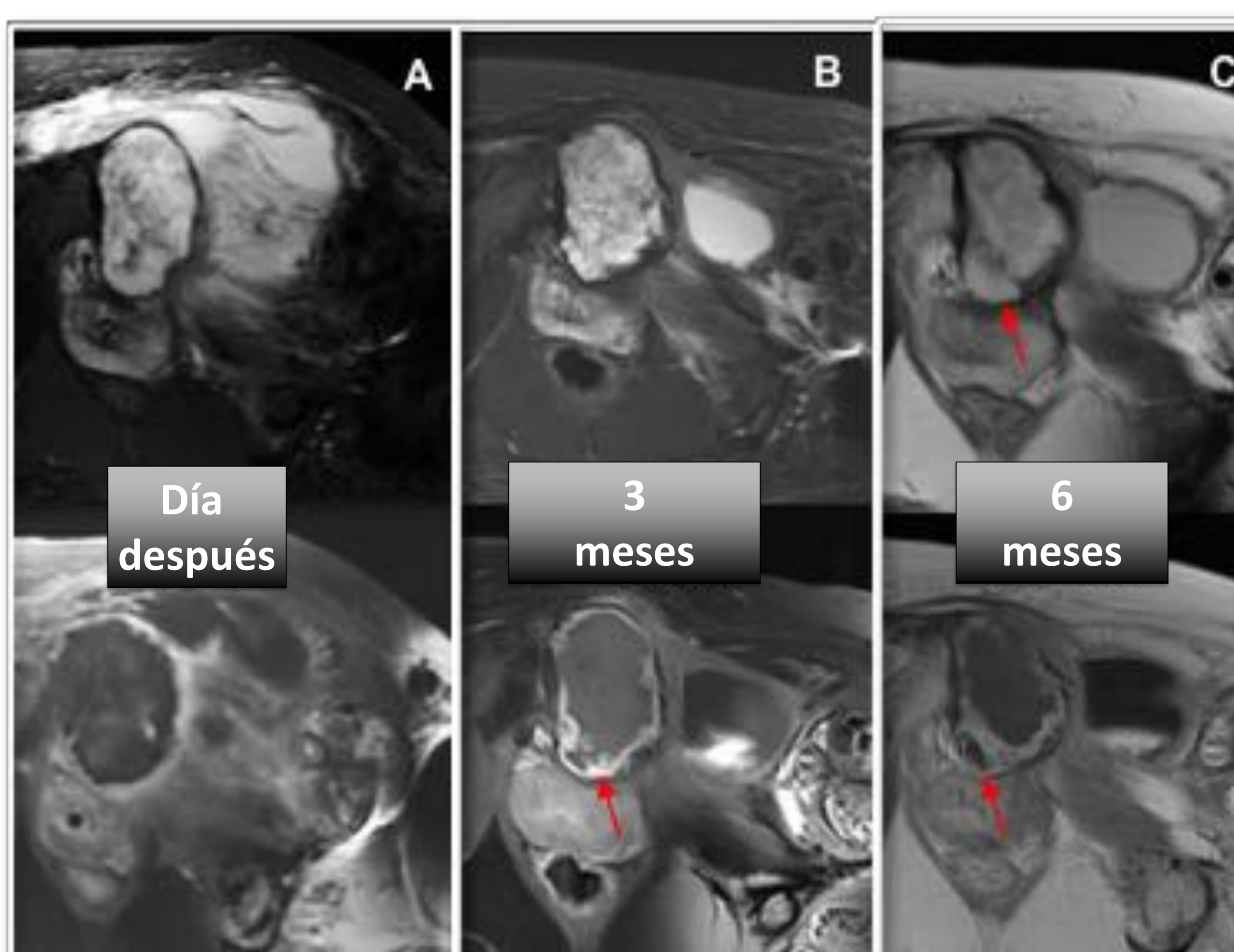


Fig. 19) Varón de 70 años con recurrencia de condrosarcoma en rama pubiana izquierda. **A)** RM del día 1 post-ablación. La imagen superior potenciada en T2 con saturación grasa muestra hiperseñal intralesional y extenso edema de partes blandas. La imagen inferior axial T1 con supresión grasa y gadolinio muestra ausencia de realce en la zona necrótica central con captación en anillo. **B)** La imagen superior axial potenciada en T2 con saturación grasa obtenida 3 meses después muestra descenso de señal en el centro y resolución del edema de partes blandas. La imagen inferior axial T1 con saturación grasa y gadolinio mostró claramente el área necrótica con un grueso anillo realzante, de apariencia micronodular en la zona más profunda (flecha roja) **C)** La imagen superior axial potenciada en T2 y la inferior axial potenciada en T1 con gadolinio mostraron , 6 meses después, áreas anormales de realce nodular que se interpretó como progresión (flecha roja).

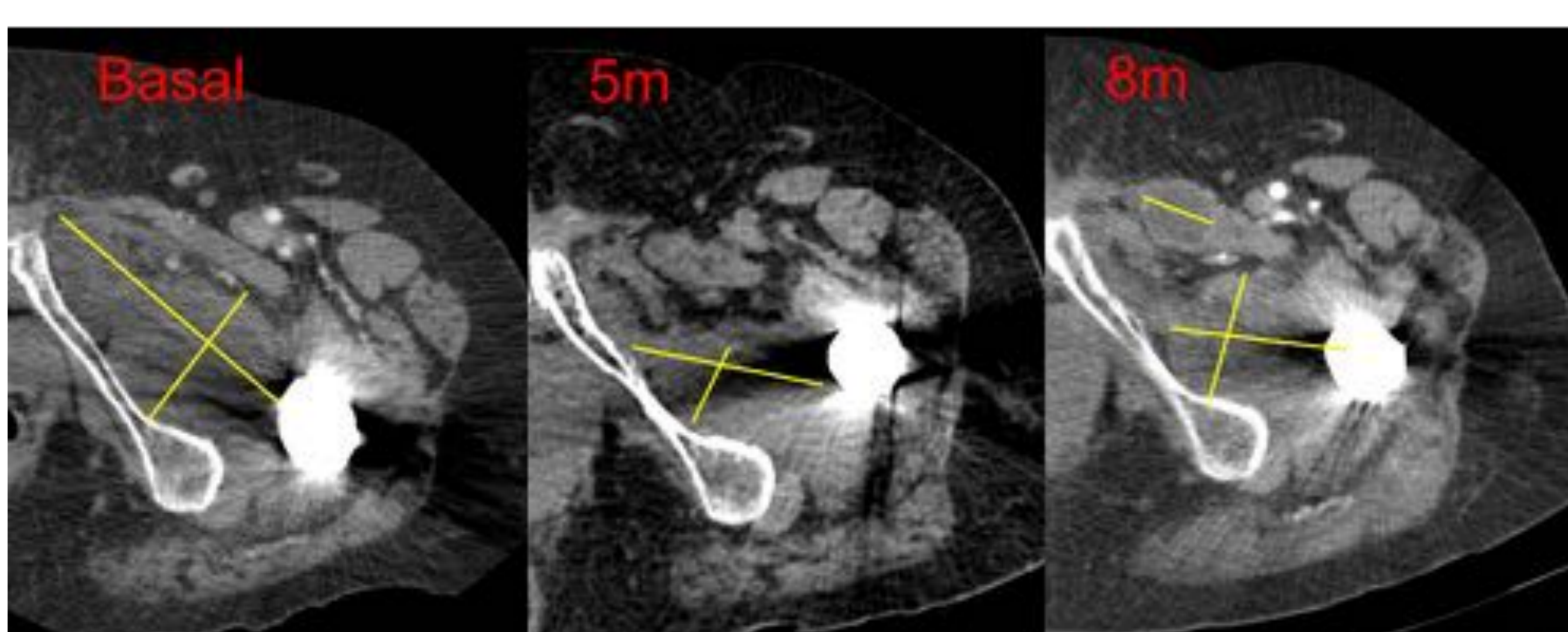


Fig. 20) Recurrencia de condrosarcoma inguinal izquierdo y periprótesis. La TC de estadiaje mostraba una masa polilobulada hipodensa en la región del músculo obturador externo. Se observó una significativa disminución de tamaño 5 meses tras la ablación, aunque 8 meses después se evidenció progresión local en la TC con contraste intravenoso.

Los tumores ablacionados mostraron hiperseñal en RM potenciada en T1 durante los primeros meses (**Fig. 6**), con descenso en el seguimiento. Se observó un halo hipointenso alrededor del área ablacionada en varios casos durante los primeros meses (**Fig. 17**). Los cambios inflamatorios alrededor de la lesión se apreciaron como un grueso anillo realzante en la RM y TC con contraste, persistiendo varias semanas (**Fig. 11**).

- ❖ **4 pacientes** mostraron **respuesta favorable** sin evidencia de recurrencia local: dos casos de **fibromatosis** (3m y 18m), la **metástasis mandibular** (6m) y la **metástasis de cordoma** (12m).
- ❖ La fibromatosis de gemelo, con ablación incompleta debido a la implicación del nervio, mostró mejoría funcional y del dolor. A los 6 meses disminuyó el tamaño de la zona tratada, pero creció el componente proximal al nervio.
- ❖ Nuestros **dos casos de condrosarcoma**, el **angioendotelioma** óseo (6 m), y el **condroblastoma** (6m) mostraron respuesta inicial positiva con **progresión local** durante el seguimiento.
- ❖ El paciente con **condrosarcoma** al que se realizó “debulking” paliativo (**Fig. 10**), **recuperó funcionalidad** pero falleció 18 meses después por diseminación pulmonar. En el condrosarcoma pubiano no conseguimos una completa cobertura de la lesión (**Fig 11**).
- ❖ El **sarcoma pleomórfico** indiferenciado disminuyó de tamaño a los tres meses, pero apareció una **nueva lesión** marginal. El paciente falleció 12 meses después.
- ❖ En el caso del **condroblastoma** (**Fig. 12**) se observó mejoría clínica tras 3 meses. El edema de médula desapareció y la fractura osteocondral y el derrame permanecieron estables. Tras 7 meses, se evidenció crecimiento de hueso dentro de la cavidad (**Fig. 13**), pero aparecieron lesiones nodulares sinoviales y la artroscopia reveló focos de condroblastoma (**recurrencia**).
- ❖ En el caso del **angioendotelioma** (**Fig. 14**), la RM del primer mes mostró buena cobertura más allá de los bordes. A los tres meses había desaparecido el edema de médula ósea, pero se apreciaba un realce homogéneo anormal con gadolinio en el interior de la lesión, sospechoso de **recurrencia**. Se llevó a cabo una osteotomía con aloinjerto de hueso, probándose tumor viable.
- ❖ La paciente con neulolisis del nervio safeno presentó 5 meses de alivio de dolor (**Fig. 16**), y tras éstos refirió molestias leves que no interferían con la vida. **La esfera de hielo no se observaba en la TC, pero sí en la ecografía.**

Las **complicaciones** incluyeron:

- ❖ **Quemadura cutánea** (n=1): en nuestro caso de primer grado.
- ❖ **Neurológicas** (n=3): un caso de parálisis transitoria leve del nervio peroneo común (4 meses de duración), parestesia transitoria leve del nervio ciático (3 meses) y otro de parálisis transitoria del nervio mandibular (4 meses).
- ❖ Diseminación intraarticular del condroblastoma de rodilla (**Fig. 12**). Esta complicación se explicó sobre todo por la existencia de una fractura patológica previa a la ablación.

CONCLUSIONES

La crioablación constituye una opción de tratamiento complementario en muchos pacientes con lesiones musculoesqueléticas. Según nuestros resultados, podríamos proponer varias indicaciones y patrones de ejecución, pese a las limitaciones del escaso tamaño muestral y el periodo de seguimiento corto.

- La crioablación percutánea podría considerarse en casos de **fibromatosis** y como terapia de **control del dolor** con respuesta favorable en la mayoría de los casos.
- En casos de enfermedad oligometastásica, los resultados en cifras de control local se acercan a los de la cirugía tradicional , presentando menor morbilidad. La efectividad **paliativa del dolor en metástasis** ha sido descrita por varios grupos (3)(2)(4). Nuestra experiencia es favorable para el control temprano de los dos casos de metástasis (control por PET-TC en el carcinoma de parótida) (5).
- **No** se obtuvieron **buenos resultados** en control **local de tumores malignos primarios** de hueso/ partes blandas, quizás por insuficiente superposición de la esfera de hielo (angioendotelioma y sarcoma pleomórfico) o porque la curva de aprendizaje era limitada (condrosarcoma pubiano). Sí se obtuvieron **buenos resultados** en “**debulking**” tumoral y **control del dolor**, incluyendo grandes tumores (**Fig. 20**) y fiobromatosis. (2)

- La **ablación nerviosa** constituye una opción terapéutica para el dolor neuropático, consiguiéndose en nuestro caso un mayor periodo libre de síntomas (3 meses más) que con la radiofrecuencia pulsada previa. **No es permanente** y en este sentido, la crioablación podría considerarse pese a la presencia de nervios cercanos a la lesión diana, ya que cualquier déficit neurológico secundario se muestra reversible en 4-6 meses. Esto podría explicarse porque la técnica deja el peri y endoneuro estructuralmente intactos y permite la regeneración nerviosa (6). Las tres complicaciones nerviosas transitorias de nuestra serie se recuperaron con el tiempo casi completamente (más rápido en la parálisis sensitiva que en la motora), lo que implica que **la vecindad nerviosa no debería considerarse una contraindicación absoluta.** (7)
- El **platillo óseo subcondral** debe ser manejado con **cautela**, sobre todo en las zonas de carga (3). Nuestro caso de condroblastoma fue una indicación *borderline*, no sufriendo colapso la zona del platillo de carga y mostrando incluso neoformación de hueso subcondral(**Fig. 13**); con ausencia de progresión de la región previamente colapsada.
- Es importante realizar controles seriados de RM con contraste para detectar presencia de tumor residual, estando el patrón de señal observado en nuestra serie descrito en la literatura (8). El realce intralesional del tumor tras el procedimiento, según Takaki et al., puede apreciarse desde la semana 1 hasta varios meses después como un hallazgo normal(9). En **nuestra experiencia**, el **realce intralesional homogéneo** con gadolinio solía representar una **recurrencia**.
- Cuando el procedimiento se localiza en el tejido celular subcutáneo (**Fig. 16**) la esfera de hielo puede no verse al no variar lo suficiente las unidades Hounsfield de la grasa congelada (10). El caso del condroblastoma y el del angioendotelioma demostraron bien la presencia de la esfera de hielo en el tejido blando periostal, pero no en el interior del hueso. A pesar de la escasa conductividad térmica del hueso, la congelación no parece tomar ventaja del efecto “oven” descrito en las técnicas de ablación con calor (11).

VENTAJAS

- Capacidad de monitorizar el área en tiempo real, al menos en tejidos blandos. La esfera de hielo es difícil de visualizar en lesiones óseas, y puede ser complejo realizar un completo recubrimiento de márgenes.
- La congelación posee un efecto anestésico, siendo menos molesta que la ablación con calor, tanto durante como después del procedimiento. Normalmente puede ser realizada con sedación y anestesia local.
- Las lesiones grandes pueden tratarse en una sola sesión, empleando múltiples agujas sinérgicas.
- Basándonos en nuestra experiencia, la vecindad de estructuras nerviosas no debería considerarse una contraindicación absoluta.(7)

INCONVENIENTES

- Suelen ser necesarias dos o más agujas para lograr una buena cobertura de las lesiones, lo que resulta más caro que otras técnicas térmicas.
- Posicionar varias agujas representa un reto porque la recolocación no resulta posible una vez que comienza la congelación. La diseminación tumoral es un riesgo potencial cuando se recolocan antes de que se complete el tiempo de congelación.
- Las complicaciones prevenibles en nuestro caso se derivan de la curva de aprendizaje, más demandante en comparación con otras técnicas.

REFERENCIAS

1. Erinjeri JP, Clark TWI. Cryoablation: Mechanism of action and devices. *J Vasc Interv Radiol*. 2010;21(SUPPL. 8):S187–91.
2. Susa M, Kikuta K, Nakayama R, Nishimoto K, Horiuchi K, Oguro S, et al. CT guided cryoablation for locally recurrent or metastatic bone and soft tissue tumor: initial experience. *BMC Cancer*. 2016;16(1):798.
3. Rose PS, Morris JM. Cryosurgery/cryoablation in musculoskeletal neoplasms: history and state of the art. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015;8(4):353–60.
4. Wallace AN, McWilliams SR, Connolly SE, Symanski JS, Vaswani D, Tomasian A, et al. Percutaneous Image-Guided Cryoablation of Musculoskeletal Metastases: Pain Palliation and Local Tumor Control. *J Vasc Interv Radiol* [Internet]. 2016 Dec [cited 2017 Feb 9];27(12):1788–96.
5. Sainani NI, Shyn PB, Tatli S, Morrison PR, Tuncali K, Silverman SG. PET/CT-guided radiofrequency and cryoablation: Is tumor fluorine-18 fluorodeoxyglucose activity dissipated by thermal ablation? *J Vasc Interv Radiol*. 2011;22(3):354–60.
6. Joshi DH, Thawait GK, Del Grande F, Fritz J. MRI-guided cryoablation of the posterior femoral cutaneous nerve for the treatment of neuropathy-mediated sitting pain. *Skeletal Radiol*. 2017 [cited 2017 Sep 13];46(7):983–7.
7. Hinshaw JL, Lubner MG, Ziemelewick TJ, Lee FT, Brace CL. Percutaneous Tumor Ablation Tools: Microwave, Radiofrequency, or Cryoablation—What Should You Use and Why? *RadioGraphics*. 2014;34(5):1344–62.
8. Lee HJ, Chung HJ, Wang HK, Shen SH, Chang YH, Chen CK, et al. Evolutionary magnetic resonance appearance of renal cell carcinoma after percutaneous cryoablation. *Br J Radiol*. 2016;89(1065).
9. Takaki H, Nakatsuka A, Cornelis F, Yamanaka T, Hasegawa T, Sakuma H, et al. False-positive tumor enhancement after cryoablation of renal cell carcinoma: A prospective study. *Am J Roentgenol* 2016 Feb;206(2):332–9.
10. Pech, P., Bergström, K., Rauschnig, W., & Haughton, V. M. (1987). Attenuation Values, Volume Changes and Artifacts in Tissue Due to Freezing. *Acta Radiologica*, 28(6), 779–782.
11. Liu Z, Ahmed M, Weinstein Y, Yi M, Mahajan RL, Goldberg NS. Characterization of the RF ablation-induced “oven effect”: The importance of background tissue thermal conductivity on tissue heating. *Int J Hyperth*. 2006 Jan 9;22(4):327–42.