

ORIGINAL

**Trasplante osteocondral de rodilla, mediante
aloinjertos, conservados en fresco a 37 °C.
Determinación de la viabilidad del cartílago humano,
indicaciones, técnica y evidencia. Seguimiento
mínimo, 10 años**



F.J. Gómez Cimiano^{a,*}, C. Garcés Zarzalejo^a, L.R. Estellés M. de León^a,
L. Gómez de la Lastra^b y C. Galindo Rubin^a

^a Servicio COT, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, Cantabria, España

^b Servicio Anestesia, Hospital Universitario Donostia, Donostia, Guipúzcoa, España

Recibido el 27 de septiembre de 2020; aceptado el 23 de diciembre de 2020

Disponible en Internet el 28 de abril de 2021

PALABRAS CLAVE

Aloinjerto
osteocondral;
Trasplante en fresco;
Viabilidad;
Rodilla

Resumen

Antecedentes: Los aloinjertos osteocondrales (AOC) conservados en fresco de forma prolongada en el tiempo, se presentan como una opción viable para el tratamiento de grandes lesiones condrales y osteocondrales.

Objetivos: La viabilidad de los condrocitos disminuye sustancialmente cuando los aloinjertos son almacenados durante más de 15 días. El objetivo de este trabajo es validar la viabilidad y los resultados clínicos y funcionales del trasplante de AOC almacenados a 37 °C en un medio de cultivo celular, aplicado en defectos de cartílagos de la rodilla, definiendo los medios y límites del almacenamiento de los aloinjertos entre 15 y 28 días después de la extracción.

Pacientes y método: Este estudio presenta el resultado de 20 pacientes consecutivos, operados entre los años 2003 y 2019, a quienes se les practicó un aloinjerto osteocondral conservado en fresco, implantado sobre defectos de cartílago del cóndilo femoral y rótula. El tiempo de seguimiento mínimo fue de 10 años y máximo de 17. La edad media de los pacientes era de 29 (14-44) años.

Los datos de control clínico fueron recogidos usando los protocolos International Knee Documentation Committee (IKDC) (específico de rodilla), Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). Asimismo, se evaluó el grado de satisfacción. El control del cartílago se realizó mediante International Cartilage Repair Society Score (ICRS) y Oswestry Arthroscopy Score (OAS). Las evaluaciones radiológicas se realizaron mediante RMN y TAC helicoidal.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: gcimiano@yahoo.com (F.J. Gómez Cimiano).

KEYWORDS

Osteochondral
allograft;
Transplantation
prolonged fresh
storage;
Viability;
Knee

Resultados: Se observaron mejoras estadísticamente significativas, $p < 0,0001$ para el IKDC: 30-65; los 5 componentes del protocolo KOOS: dolor: 66-85; síntomas específicos: 72-82; actividades de la vida diaria: 74-91; función deportiva y recreativa: 37-70; relacionado con la rodilla, la calidad de vida: 25-60. En lo que respecta al grado de satisfacción el 89% respondía estar satisfecho o muy satisfecho.

Los resultados ICRS y OAS, todos los pacientes pasaron del grado IV al grado I, menos uno que en la actualidad está en el grado IV.

La incorporación del injerto en la zona receptora ocurrió a los 3 meses, comprobado mediante TAC helicoidal y RMN.

Conclusión: Los trasplantes de aloinjerto osteocondral conservados en fresco a 37 °C se establecen como una solución a largo plazo para el tratamiento de defectos osteocondrales localizados en la rodilla.

© 2021 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Osteochondral allograft transplantation in the knee, after prolonged fresh storage at 37°C. Determination of viability of human cartilage allografts, indications, technique, and evidence. Follow up 10 years

Summary

Background: Osteochondral allografts (OA) kept fresh for a long time, are presented as a viable option for the treatment of large chondral and osteochondral lesions.

Goals: Chondrocyte viability decreases substantially when allografts are stored for more than 15 days. The objective of this work is to validate the viability and clinical and functional results of OA transplantation stored at 37 °C in a cell culture medium, applied in cartilage defects of the knee, defining the means and limits of allograft storage, among 15 and 28 days after extraction.

Patients and method: This study presents the results of 20 consecutive patients, operated between 2003 and 2019, who underwent a fresh-preserved osteochondral allograft, implanted on cartilage defects of the femoral condyle and patella. The minimum follow-up time was 10 years and the maximum 17. The mean age of the patients was 29 (14-44).

The clinical control data were collected using International Knee Documentation Committee (IKDC) (knee-specific), Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) protocols. Likewise, the degree of satisfaction was evaluated. Cartilage control was performed using the International Cartilage Repair Society Score (ICRS) and the Oswestry Arthroscopy Score (OAS). Radiological evaluations were performed using MRI and helical CT.

Results: Statistically significant improvements, $P < .0001$, were observed for the IKDC: 30-65; the 5 components of the KOOS protocol, pain: 66-85; specific symptoms: 72-82; activities of daily living: 74-91; sports and recreational function: 37-70; related to the knee, quality of life: 25-60. Regarding the degree of satisfaction, 89% answered being satisfied or very satisfied.

The ICRS and OAS results, all patients went from grade IV to grade I, except for one who is currently in IV.

The incorporation of the graft in the recipient area occurred at three months, verified by helical CT and MRI.

Conclusion: Osteochondral allograft transplants stored fresh at 37 °C are established as a long-term solution for the treatment of localized osteochondral defects in the knee.

© 2021 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Los aloinjertos osteocondrales (AOC) fueron usados por primera vez, en 1908 por Lexer¹, para restaurar las superficies articulares.

Posteriormente, ya en la década de los 70, emergen 2 escuelas que lideran el estudio de estos procedimientos, una en Canadá (Toronto), Gross et al., inician su experiencia

con los AOC en las reconstrucciones postraumáticas y en los tumores periarticulares^{2,3}.

La otra escuela radicada en San Diego, EE. UU., Meyers et al. emplearon por primera vez esta técnica para el tratamiento de enfermedades específicamente condrales y osteocondrales⁴.

Posteriormente, en la década de los 90, se sientan las bases para el tratamiento de los defectos articulares de la

osteocondritis disecante⁵ y osteonecrosis⁶, mediante aloinjertos osteocondrales en fresco.

Ya en el presente siglo, y dada las expectativas creadas sobre este tipo de procedimientos, se publican multitud de estudios científicos en ciencias básicas, sobre la conservación, inmunogenicidad y viabilidad de los aloinjertos⁷⁻¹⁰, y de revisiones clínicas con un seguimiento a muy largo plazo de hasta 22 años¹¹.

Se impone que, en los injertos, como alternativa, se realice el trasplante con aloinjertos bien en fresco, implantados de forma inmediata a su extracción o bien tras su almacenamiento¹².

En la actualidad se discute cuál es la mejor manera de conservar el injerto. previo a su trasplante, bien a 4 °C, estudiándose por diferentes métodos la viabilidad de los condrocitos y resultados clínicos^{13,14}, o bien a 37 °C conservado en un medio de cultivo celular en incubadora de CO₂^{15,16}.

Otro concepto a tener en cuenta es la respuesta inmunológica del receptor al aloinjerto promovida básicamente por el hueso esponjoso¹⁷.

Pero en el caso del cartílago, este no produce reacción inmunógena, en tanto en cuanto esté intacto, esto es, los condrocitos estén dentro de la barrera que es la matriz extracelular¹⁸.

No menos importante es el estudio de viabilidad del aloinjerto previo al trasplante, por eso es importante establecer métodos de evaluación de la calidad del injerto, que en este caso depende de la viabilidad de los condrocitos^{10,19-21}.

Pacientes y métodos

Los donantes se obtienen dentro del Programa de Trasplantes del Hospital Universitario Marqués de Valdecilla (HUMV) y concretamente se aplica el protocolo de extracción de hueso del Banco de Sangre y Tejidos de Cantabria, en este caso los cóndilos femorales y una rótula que se obtienen bajo estrictas condiciones asépticas en el quirófano, máximo 12 h después de que el soporte vital haya sido retirado al donante.

Las piezas osteocondrales obtenidas de donantes, se conservan en medios de cultivo, siendo el medio Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) suplementado con el 20% de suero del propio paciente, L-glutamina 20 Mm, antibióticos y antimicóticos (penicilina 100 U/ml, estreptomycin 100 µg/ml y anfotericina B 2,5 µg/ml), y se incuba a 37 °C en una incubadora de CO₂ al 5%. El medio de cultivo deberá ser reemplazado 2 veces a la semana, en una campana de flujo laminar, momento en el cual se realizará un control microbiológico. Asimismo, se realizan controles de viabilidad celular mediante sales de tetrazolio, durante el periodo de almacenamiento^{20,21}.

Tras un periodo mínimo de 15 días de cultivo *in vitro*, los cóndilos femorales están listos para ser empleados con seguridad, como injertos osteocondrales.

Todos los donantes son sometidos a un estudio, con el objeto de detectar algún tipo de enfermedad de transmisión, tanto bacteriana, como viral. Especial cuidado se debe tener en las enfermedades con periodos ventana como el HIV y el HCV.

Es destacable en este tipo de injertos la bajísima incidencia de rechazo, no siendo necesario ni el tipaje HLA ni ABO del donante ni del receptor, ni tampoco la inmunosupresión preventiva.

El estudio contó con el visto bueno de la Comisión de Ética de Investigación Clínica del HUMV de Santander, Cantabria.

Selección de receptores

Pacientes preferentemente jóvenes, 28 años de media (14 ± 44), que presenten lesiones osteocondrales. En el estudio, participaron 20 pacientes, con un seguimiento de más de 10 años. En cuanto a la distribución por género, nos encontramos con un 50% de varones (N = 10) y un 50% de mujeres (N = 10).

En cuanto a la etiología de las lesiones, el 90% de los casos fueron osteocondritis disecante, un 5% de las lesiones fueron ocasionadas por arma de fuego y la condropatía patelar grado IV supuso el restante 5%.

El 90% de los pacientes habían sufrido previamente una o más intervenciones (incluidas las artroscopias, fijaciones tipo AK, tornillos tipo Herbert y Ortosorb, además de microfracturas y perforaciones tipo Pridie).

Las indicaciones para estos procedimientos en nuestra serie fueron los grados IV de lesiones OC traumáticas, osteocondritis disecante severa con fragmento devitalizado o suelto (grados III y IV) de cóndilo femoral clasificación International Cartilage Research Society (ICRS) siendo el tamaño mínimo para la inclusión de 1,8 cm², y no valorando ningún otro tipo de gesto quirúrgico en esta serie²². En nuestra serie la lesión primaria fue de 3,9 cm² de media (rango: 1,8-6 cm²). El tamaño del injerto fue de 3,75 cm² (rango: 1,5-6 cm²). La antigüedad del injerto desde su extracción hasta su implantación fue desde 15-28 días (tabla 1).

Es importante que no existan ni lesiones en espejo, ni alteraciones en el eje, ni tampoco lesiones ligamentosas, de ser así, debemos corregir previamente dicha alteración.

No existieron complicaciones postoperatorias, ni infecciones.

La técnica quirúrgica practicada, consiste en una artrotomía de rodilla, interna o externa, efectuando a continuación, la preparación de la zona dañada, según la técnica Maxioats® (Artrhex®)²³ (figs. 1 y 2).

Dos pacientes requirieron un tallado especial del injerto, pues la técnica Maxioats®, no cubría el defecto; uno de ellos, recibió un doble injerto y al año, control artroscópico del injerto (figs. 3 y 4); en otro caso se talló de forma artesanal, dado el defecto que presentaba, siendo fijado con 2 tipo Herbert (figs. 5 y 6).

En un caso la técnica quirúrgica se realizó completamente de forma artroscópica.

Se creó un protocolo de seguimiento de diagnóstico por la imagen. Dicho protocolo pretende la evaluación prequirúrgica y posquirúrgica de la lesión, analizando en el segundo caso las 3 etapas del proceso de curación de los injertos trasplantados: proliferativa, transicional y de maduración. El método consistió en primera exploración RMN en el mes anterior a la cirugía, a los 3 a los 6 y a los 12 meses después de la cirugía.

En la RMN, en alguna ocasión se utilizó con contrastes de gadolinio-DTPA, pueden describir cambios biomecánicos

Tabla 1 Características de los pacientes y detalles del aloinjerto

Total (N=20)			
<i>Genero</i>			
Femenino	10		(50)
Masculino	10		(50)
<i>Edad</i>	29		(14-44)
<i>Diagnóstico</i>			
Osteocondritis disecante	18		(88,89)
Traumática	1		(5,56)
Degenerativa	1		(5,56)
<i>Localización</i>			
Cóndilo femoral Interno	18		(88,89)
Cóndilo femoral eterno	1		(5,56)
Patela	1		(5,56)
<i>N.º de cirugías previas</i>			
	0	9	(50)
	1	7	(38,89)
	2	1	(5,56)
	3	1	(5,56)
<i>N.º de injertos</i>			
	1	18	(88,89)
	2	2	(11,11)
Área total del injerto cm ²	3,75 ± 1,02		(1,8-6,0)
Antigüedad del injerto (días)	20,5		(15-28)

Las variables se representan como media ± SD (rango) o n.º (%).

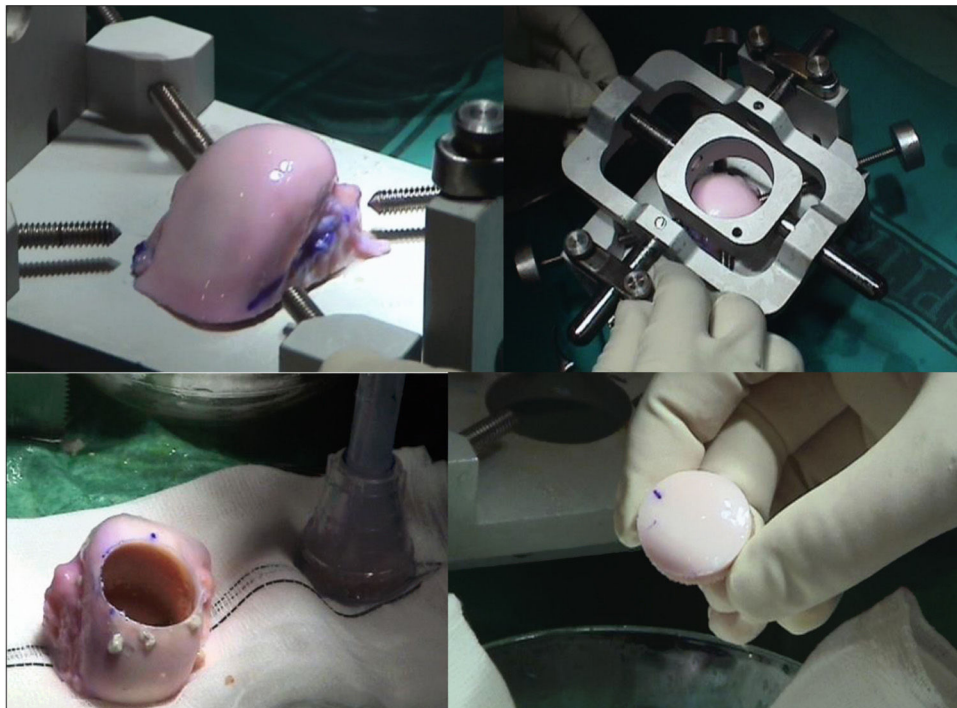


Figura 1 Preparación del injerto: se puede observar la coloración rosácea del injerto debido al medio de cultivo. Mesa de trabajo: obtención del injerto, se observa el lavado con pistola pulsátil con suero, para arrastrar células y detritus óseos y, por último, el injerto osteocondral.

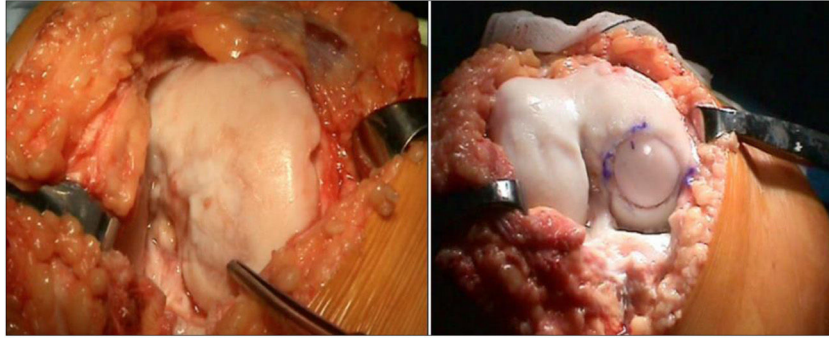


Figura 2 Mujer de 26 años con secuelas de una osteocondritis disecante operada en 2 ocasiones Resultado de la IQ mediante la técnica Maxioats®.

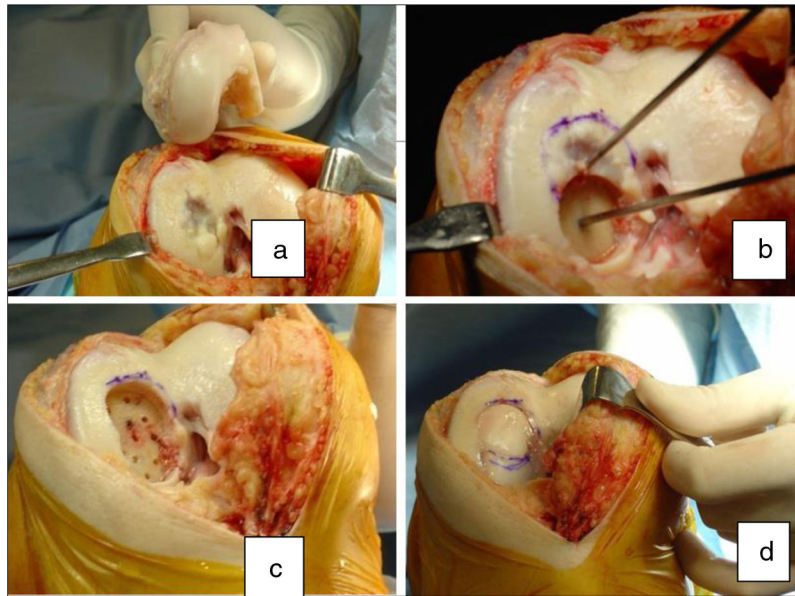


Figura 3 Lesión osteocondral y su aloinjerto (a). Procedimiento quirúrgico, mediante 2 aloinjertos encastrados (b y c). Resultado final (d).



Figura 4 Mismo paciente de la figura 3, al año, osteotomía valguizante y revisión artroscópica.

y bioquímicos asociados con la degeneración de la matriz condral. Además, con cortes específicos para el cartílago demuestran la estrecha relación entre los defectos condrales, la sintomatología clínica y la probabilidad de progresión de los síntomas²⁴.

Asimismo, utilizamos el TAC helicoidal para controlar la integración ósea en la zona huésped/donante, comprobando la existencia o no de puentes óseos a los 3 y 6 meses.

Existen diferentes métodos de evaluación clínica, en nuestro caso elegimos como método de seguimiento clínico



Figura 5 Imagen radiológica del defecto condral sufrido por un arma de fuego.

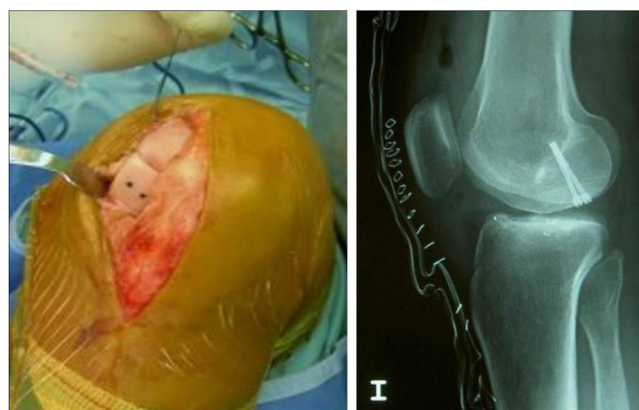


Figura 6 Mismo paciente de la figura 5. Resultado del injerto tallado manualmente y fijado con T. Herbert.

los protocolos elegidos fueron: International Knee Documentation Committee (IKDC) (específico de rodilla)²⁵, Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) y protocolo de satisfacción. La evaluación de la calidad de la reparación del cartilago se realizó el control mediante International Cartilage Repair Society Score (ICRS), en los casos que realizamos una segunda artroscopia, en 8 pacientes aplicamos el Oswestry Arthroscopy Score (OAS)²⁶.

Las evaluaciones radiológicas se realizaron mediante RMN y TAC helicoidal.

El análisis estadístico se realizó mediante SPSS® versión 11.5 (SPSS, Inc, Chicago, IL, EE. UU.). Los resultados se consideraron estadísticamente significativos cuando $p < 0,05$.

Resultados

La primera intervención de la serie de 40 casos, la realizamos en el año 2003 y la última en el año 2019. Incluimos en este estudio los que llevan un seguimiento mínimo de 10 años; los pacientes más antiguos de la serie tienen 17 años de seguimiento,

Los pacientes fueron sometidos a los protocolos de seguimientos clínicos y radiológicos. El uso del protocolo IKDC, y más concretamente el formulario de evaluación subjetiva de la rodilla²⁵, pone en evidencia una mejoría clara, teniendo una media preoperatoria de 30 y postoperatoria una media de 62, sobre un máximo de 79 (N: 20); $p < 0,0001$. Los 5 componentes del protocolo KOOS: dolor: 66-85; síntomas específicos: 72-82; actividades de la vida diaria: 74-91; función deportiva y recreativa: 37-70; relacionado con la rodilla, la calidad de vida: 25-60. En lo que respecta al grado de satisfacción el 89% respondía estar satisfecho o muy satisfecho. En lo que respecta al grado de reparación del cartilago (ICRS), la modificación de la lesión condral, 19 pacientes pasaron del grado IV al grado I y otro está actualmente en el grado IV. Estos resultados los obtuvimos mediante RMN²⁴, con cortes específicos para el cartilago, incluso con contrastes de gadolinio-DTPA.

En los casos que realizamos una segunda visión por artroscopia, observamos la supervivencia del injerto implantado, integración de los bordes, y el aspecto macroscópico de la superficie del cartilago, utilizamos el protocolo OAS, siendo este complementarios a los resultados ICRS (tabla 2).

Hay que reseñar que todos los pacientes estaban de alta a los 6 meses salvo un caso, el de la lesión por arma de fuego que hubo que reintervenir pues fracasó parcialmente el injerto, y hubo que realizar otro aloinjerto en el defecto resultante estando en la actualidad en grado I; en el caso de la paciente del trasplante de rótula se le practicó una artrólisis evolucionando favorablemente

A otros 2 pacientes se le practicó una osteotomía, uno al año y otro a los 6 años, pues el pinzamiento interno había progresado, este último al cual habíamos perdido en el seguimiento, es el que ha progresado peor y está pendiente de artroplastia.

La medición radiográfica postoperatoria se realizó mediante estudios simples anteroposterior y lateral de la articulación, para comprobar la correcta implantación del injerto en todos los casos no observándose desprendimientos ni movilizaciones posteriores salvo en un caso que se hundió levemente el injerto debido a una integración parcial.

El seguimiento para comprobar la integración de la zona receptora con el injerto se realizó mediante la TAC helicoidal observándose que, en todos los casos, a los 3 meses existen puentes óseos suficientes como para considerar que el injerto está integrado; en un caso al mes y medio se observó puentes de integración ósea; este es un método muy útil para evaluar de forma directa, la integración ósea del injerto en el lecho receptor.

Por otra parte, la RMN nos sirvió para comprobar la disminución paulatina del edema óseo, en la interfase injerto-zona receptora, el cual disminuía progresivamente, en sucesivos controles (3-6 meses) en todos los casos (fig. 7).

Por último, en los casos que se practicó una artroscopia de control, a 3 de ellos realizamos control del injerto mediante biopsia, siendo el resultado de cartilago hialino maduro. En todos los casos realizamos estudio de viabilidad preimplante mediante las sales de tetrazolio, confirmamos en todos los casos la viabilidad del injerto. Aparte de esto y como control accesorio, en un caso añadimos un estudio genético preimplante del cartilago conservado, siendo el resultado la expresión de genes específicos de condrocitos (fig. 8).

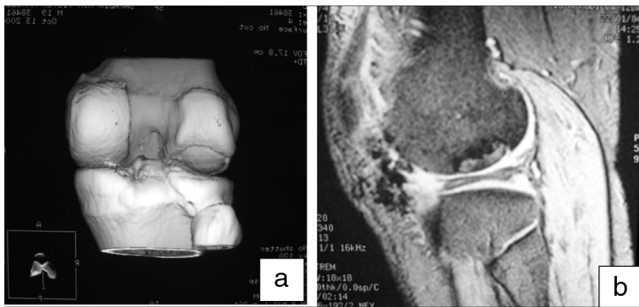
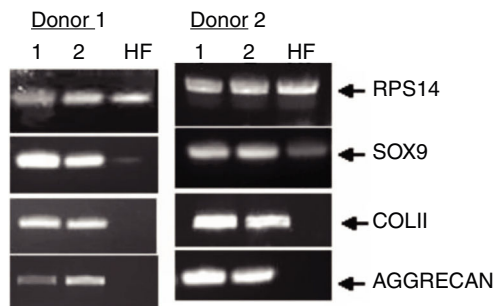
Tabla 2 Resultado sobre 20 rodillas con aloinjerto^a

Protocolos	Preoperatorio	Resultados	Valor de p*
IKDC	30,7 ± 9	65,2 ± 13,8	< 0,0001
KOOS			< 0,0001
Síntomas	62,5 ± 18,0	82,5 ± 15,5	
Dolor	66,5 ± 18,6	85,3 ± 16,3	
Actividades de la vida diaria	74,5 ± 18,9	91,1 ± 14,7	
Deporte/ocio	37,8 ± 22,6	70,2 ± 26,4	
Calidad de vida	25,4 ± 17,6	60,0 ± 24,3	
ICRS	Grado IV: 20 pacientes	Grado I: 18 pacientes	
OAS		Grado II: 2 pacientes	
Satisfacción			
Muy satisfecho		67,7	
Satisfecho		21,3	
Algo satisfecho		5,5	
Algo insatisfecho		3,0	
Insatisfecho		2,4	

ICRS: International Cartilage Research Society; IKDC: International Knee Documentation Committee; KOOS: Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score; OAS: Oswestry Arthroscopy Score.

^a Los resultados se muestran ± SD o en porcentaje.

* Valor de p por comparación preoperatoria y resultado final.

**Figura 7** Imágenes de control a los 3 meses: TAC helicoidal (a) y RMN (b).**Figura 8** Estudio genético siendo la expresión de genes específicos de condrocitos, como es el gen sox9.

Discusión

La presencia de condrocitos viables en este tipo de procedimientos es esencial puesto que los condrocitos son fundamentales para el mantenimiento de la matriz extracelular y prevenir la degeneración del injerto en el tiempo.

Uno de los factores que puede comprometer la efectividad en estos procesos es la muerte celular programada (apoptosis), que ocurre tanto en el almacenamiento y preparación como en la implantación. Recientes estudios indican que el índice de apoptosis es la responsable de la muerte de los condrocitos asociada a los trasplantes²⁷.

En consecuencia, es importante establecer métodos de evaluación de la calidad del injerto, que en este caso depende de la viabilidad de los condrocitos. A pesar de la importancia del conocimiento de la viabilidad no existe un método cuantitativo para determinar la viabilidad celular antes de la utilización del injerto para el trasplante. En nuestro caso empleamos las sales de tetrazolio para este fin, método por otra parte ya contrastado^{20,21}.

Desde que en la década de los 70 comenzaron con los trasplantes osteocondrales, las lesiones osteocondrales, osteonecrosis y osteocondritis disecantes son tratadas en la actualidad y cada vez más, mediante trasplantes osteocondrales²⁻⁶.

Los trasplantes OC son técnicas en auge, con resultados muy buenos, que alcanzan a más de un 80% de los casos publicados, incluidas las lesiones postraumáticas^{2,3,5,7}.

En la actualidad se han ido ampliando las indicaciones de los trasplantes, incluso a las lesiones bipolares²⁸, a injertos masivos articulares²⁹ y como medio de rescate cuando fracasan los tratamientos de primera elección³⁰.

La alternativa al autoinjerto es realizar el trasplante con aloinjertos, bien en fresco, implantados de forma inmediata a su extracción^{5,12} o bien tras su almacenamiento¹³.

En primer lugar, se debe tener en cuenta el tamaño y la localización de la lesión, así como la existencia de alteraciones en los ejes mecánicos, insuficiencias ligamentosas y lesiones meniscales que es preciso reparar previamente.

Los resultados clínicos y la supervivencia del aloinjerto, depende de la presencia de condrocitos viables que permitan la remodelación de la matriz extracelular del cartílago,

después del trasplante. En este caso se ha discutido cuál es la mejor manera de conservar el injerto previo a su trasplante, en suero Ringer lactato a 4°C⁷ o bien en medios de cultivo a 37°C.

Por nuestra parte elegimos el almacenamiento en medio de cultivo celular en incubadora a 37°C^{16,17}.

En nuestro caso y como hemos podido demostrar, la supervivencia del cartílago en perfectas condiciones en un medio de almacenamiento como es el DMEM y en una incubadora 37°C, por lo menos hasta los 28 días²⁰.

En los trasplantes que realizamos, la antigüedad del injerto desde su extracción hasta su implantación fue de mínimo 15 días y de máximo 28 días.

Publicaciones más recientemente destacan la superioridad de la conservación a 37°C sobre los 4°C en medio experimental en animales^{16,31}, concluyendo que el almacenamiento de los AOC a 37°C protegen de forma especial a la capa superficial del cartílago, la cual es la más sensible y vulnerable, aumentando las tasas de viabilidad de los condrocitos en el tiempo.

Nuestro estudio es una serie de casos retrospectivos, no hubo grupo de control disponible en comparación con otras posibles modalidades de tratamiento, aunque este método se suele considerar como una opción de último recurso, los estudios raramente comparan esta técnica con otras que restablecen el cartílago.

Conclusiones

El trasplante osteocondral alogénico, conservado en fresco a 37°C, es un método seguro y efectivo como tratamiento de las lesiones osteocondrales sintomáticas de la rodilla en pacientes jóvenes.

Esta técnica tiene la ventaja de trasplantar cartílago hialino viable y maduro, que es mecánicamente estable, en base a una conservación óptima en un medio de cultivo a 37°C.

En un seguimiento mínimo a 10 años el trasplante osteocondral se encuentra bien integrado, como se demuestra en los controles por la imagen y consiguiendo un buen control del dolor y de la función articular.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia IV.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Lexer E. Substitution of whole or half joints from freshly amputated extremities by free plastic operation. *Surg Gynecol Obstet.* 1908;601–7.
2. Ghazavi MT, Pritzker KP, Davis AM, Gross AE. Fresh osteochondral allografts for post-traumatic osteochondral defects of the knee. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79:1008–13.
3. Bell RS, Davis A, Allan DG, Langer F, Czitrom AA, Gross AE. Fresh osteochondral allografts for advanced giant cell tumors at the knee. *J Arthroplasty.* 1994;9:603–9.
4. Meyers MH, Akeson W, Convery FR. Resurfacing of the knee with fresh osteochondral allograft. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:704–13.
5. Garrett JC. Fresh osteochondral allografts for treatment of articular defects in osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle in adults. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;33–7.
6. Flynn JM, Springfield DS, Mankin HJ. Osteoarticular Allografts to Treat Distal Femoral Osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;38–43.
7. Ball ST, Amiel D, Williams SK, Tontz W, Chen AC, Sah RL, et al. The effects of storage on fresh human osteochondral allografts. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;418:246–52.
8. Williams RJ III, Ranawat AS, Potter HG, Carter T, Warren RF. Fresh Stored Allografts for the Treatment of Osteochondral Defects of the Knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:718–26.
9. Czitrom AA, Keating S, Gross AE. The viability of articular cartilage in fresh osteochondral allografts after clinical transplantation. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:574–81.
10. Görtz S, Bugbee WD. Allografts in articular cartilage repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:1374–84.
11. Raz G, Safir OA, Backstein DJ, Lee PTH, Gross AE. Distal Femoral Fresh Osteochondral Allografts. Follow-up at a Mean of Twenty-two Years. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:1101–7.
12. Convery FRMMH, Akeson WH. Fresh osteochondral allografting of the femoral condyle. *Clin Orthop.* 1991;273:139–45.
13. Williams RJ3rd, Dreese JC, Chen CT. Chondrocyte survival and material properties of hypothermically stored cartilage: An evaluation of tissue used for osteochondral allograft transplantation. *Am J Sports Med.* 2004;132–9.
14. LaPrade RF, Botker J, Herzog M, Agel J. Refrigerated Osteoarticular Allografts to Treat Articular Cartilage Defects of the Femoral Condyles. A Prospective Outcomes Study. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91:805–11.
15. Almqvist KF, Perdonk P, van Overschelde S, Desmyter S, Verdonk R. Fresh osteochondral mosaicplasty the ghent experience. *Annales de la societe Francaise DArthroscopie.* 1999;257–61.
16. Pallante AL, Bae WC, Chen AC, Gortz S, Bugbee WD, Sah RL. Chondrocyte Viability Is Higher After Prolonged Storage at 37°C Than at 4°C for Osteochondral Grafts. *Am J Sports Med.* 2009;37 Suppl 1:24S–32S.
17. Friedlaender GESD, Tomford WW, Mankin HJ. Long term follow-up of patients with osteochondral allografts. A correlation between immunologic responses and clinical outcome. *Orthop Clin North Am.* 1999;583–8.
18. Langer F, Gross AE. Immunogenicity of Allograft Articular Cartilage. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:297–304.
19. Williams SK, Amiel D, Ball ST, Allen RT, Tontz WL, Emerson BC, et al. Analysis of Cartilage Tissue on a Cellular Level in Fresh Osteochondral Allograft Retrievals. *Am J Sports Med.* 2007;35:2022–32.
20. López C, Ajenjo N, Muñoz-Alonso MJ, Farde P, León J, Gómez-Cimiano J. Determination of viability of human cartilage allografts by a rapid and quantitative method not requiring cartilage digestion. *Cell Transplant.* 2008;17:859–64.
21. Csöngö L, Bravo D, Newman-Gage H, Rigley T, Conrad EU, Bakay A, et al. Banking of osteochondral allografts. Part I. Viability assays adapted for osteochondral and cartilage studies. *Cell Tissue Bank.* 2002;3:151–9.
22. Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of Cartilage Injuries and Repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85 Suppl 2:S58–69.
23. Brucker P, Agneskirchner JD, Burkart A, Imhoff AB. Mega-OATS. Technique and outcome [Article in German]. *Unfallchirurg.* 2002;105:443–9.
24. Sanders TG, Mentzer KD, Miller MD, Morrison WB, Campbell SE, Penrod BJ. Autogenous osteochondral «plug» transfer for the

- treatment of focal chondral defects: Postoperative MR appearance with clinical correlation. *Skeletal Radiol.* 2001;30:570–8.
25. Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form. *Am J Sports Med.* 2006;34:128–35.
26. Paatela T, Vasara A, Nurmi H, Kautiainen H, Kiviranta I. Assessment of Cartilage Repair Quality With the International Cartilage Repair Society Score and the Oswestry Arthroscopy Score. *J Orthop Res.* 2020;38:555–62, <http://dx.doi.org/10.1002/jor.24490>.
27. Kim HT, Teng MS, Dang AC. Chondrocyte Apoptosis Implications for Osteochondral Allograft Transplantation. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:1819–25.
28. Meric G, Gracitelli GC, Görtz S, De Young AJ, Bugbee WD. Fresh Osteochondral Allograft Transplantation for Bipolar Reciprocal Osteochondral Lesions of the Knee. *Am J Sports Med.* 2015;43:709–14.
29. Krettek C, Clausen JD, Bruns N, Neunaber C. Partial and complete joint transplantation with fresh osteochondral allografts—the FLOCSAT concept. *Unfallchirurg.* 2017;120:932–49.
30. Wang T, Wang DX, Burge AJ, Pais M, Kushwaha B, Rodeo SA, et al. Osteochondral Allograft Transplantation After Failed Cartilage Repair Surgery in the Knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100:1949–59.
31. Garrity JT, Stoker AM, Sims HJ, Cook JL. Improved Osteochondral Allograft Preservation Using Serum-Free Media at Body Temperature. *Am J Sports Med.* 2012;40:2542.