



Técnica quirúrgica

Descompresión central de la cabeza femoral artroscópica más colocación de células madre autólogas como tratamiento de la osteonecrosis de la cabeza femoral

C. Navarrete-Sarasty, B. Torres-Dávila, P. Cueva-González, C. Peñaherrera-Carrillo

Hospital Metropolitano. Quito, Ecuador

Correspondencia:

Dr. Carlos Peñaherrera-Carrillo

Correo electrónico: carlospenaherrerac@gmail.com

Recibido el 29 de abril de 2023

Aceptado el 15 de noviembre de 2023

Disponible en Internet: diciembre de 2023

RESUMEN

La osteonecrosis de la cabeza femoral (ONCF) es una patología multifactorial, incapacitante, causada por la interrupción, la disminución o el daño del aporte sanguíneo de la cabeza femoral de manera constante y repetitiva. El manejo de esta patología está dirigido a abordar de forma sinérgica los factores de riesgo, el diagnóstico temprano y la preservación articular. La descompresión central (DC) del fémur es actualmente el procedimiento recomendado en estadios tempranos antes del colapso de la cabeza femoral y tiene como objetivo mejorar el aporte sanguíneo, disminuir la presión intraósea y estimular la neovascularización. La DC puede realizarse mediante abordaje lateral y artroscópico, teniendo como ventaja este último el abordaje concomitante de otras patologías intraarticulares (95% lesiones asociadas) y extraarticulares de la cadera con menores tasas de complicaciones. La técnica artroscópica permite localizar el sitio de necrosis en la cabeza femoral con mayor precisión durante la DC, reduce el riesgo de lesión cartilaginosa, disminuye la morbilidad y el riesgo de fracturas. La DC se puede acompañar de la implantación de células madre en la zona de necrosis con resultados favorables. El objetivo de este artículo es describir la técnica quirúrgica artroscópica de DC artroscópica más colocación de células madre. La técnica consiste en realizar un abordaje artroscópico de cadera mediante 3 portales con técnica dentro fuera. Se realiza el tratamiento de patologías concomitantes (*pincer*, reparación labral y *cam*). Posteriormente, se localiza la zona de necrosis avascular mediante escopia y se verifica la ausencia de ausencia de colapso mediante artroscopia. Bajo visión

ABSTRACT

Arthroscopic core decompression of the femoral head with autologous stem cell placement as treatment for femoral head osteonecrosis

Osteonecrosis of the femoral head (ONFH) is a multifactorial disabling condition produced by constant and repetitive disruption, reduction or damage to the blood supply of the femoral head. Its management seeks to synergically address the risk factors, ensure an early diagnosis, and preserve the affected joint. Arthroscopic core decompression (CD) of the femur is currently recommended in the early stages, before collapse of the femoral head, and aims to improve the blood supply, reduce intraosseous pressure, and stimulate neovascularization. Core decompression can be performed via a lateral and arthroscopic approach, with the advantage of being able to concomitantly address other intraarticular disorders (95% of associated lesions) and extraarticular alterations of the hip, with fewer complications. The arthroscopic technique allows us to locate the site of femoral head necrosis with greater precision during CD, reduce the risk of cartilage damage, and lessen morbidity and the risk of fractures. In turn, CD may be accompanied by stem cell placement in the necrotic zone, with favourable results. The present study describes the arthroscopic CD with stem cell placement technique. The latter involves an arthroscopic approach to the hip using three portals with an inside-out technique. Treatment of the concomitant disorders is carried out (*pincer*, labral repair and *cam*). Then, the necrotic zone is located visually, with arthroscopic verification of the



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.30380.fs2304012>

© 2023 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

directa se realizan 6 perforaciones de 1,3 mm y 3 perforaciones de 2,8 mm con separación de 3 mm. Tras ello se comprueba el sangrado. Finalmente, se retira la solución de irrigación y se colocan las células madre autólogas previamente cosechadas a través de una perforación de 2,8 mm y bajo control por escopia.

Nivel de evidencia: IV.

Palabras clave: Necrosis de la cabeza femoral. Descompresión central. Células madre mesenquimales. Artroscopia de cadera.

absence of collapse. Under direct vision, 6 perforations measuring 1.3 mm and three perforations measuring 2.8 mm are made, with a separation of 3 mm. Following this, bleeding is checked. Lastly, the irrigation solution is withdrawn and the previously harvested stem cells are placed through a 2.8 mm perforation under visual control.

Level of evidence: IV.

Key words: Necrosis of the femoral head. Core decompression. Mesenchymal stem cells. Hip arthroscopy.

Introducción

La osteonecrosis de la cabeza femoral (ONCF) es una patología multifactorial, incapacitante, causada por la interrupción, la disminución o el daño del aporte sanguíneo de la circulación subcondral de manera constante y repetitiva, que produce la muerte celular y la acumulación de microfracturas con una subsecuente remodelación ósea no mantenida, generando cambios en la arquitectura ósea, que genera dolor articular y discapacidad funcional^(1,2). En general, la ONCF es responsable del 5-12% de los casos de reemplazo articular de cadera^(2,3).

El principal objetivo del tratamiento es abordar de forma sinérgica los factores de riesgo y la necrosis ósea de forma temprana; sin embargo, hasta en el 95% de los pacientes se han encontrado lesiones asociadas como deformidad de tipo *cam* (82%), defectos labrales (85%) o defectos condrales (74%). El manejo de estas patologías es posible a través de un abordaje artroscópico de cadera⁽⁴⁾. Las ventajas que se describen con este procedimiento de mínima invasión son: mayor precisión durante la descompresión central (DC), reducción del riesgo de lesión del cartílago articular, disminución de la morbilidad y el riesgo de fracturas⁽⁵⁻⁷⁾.

Por lo tanto, realizar la descompresión artroscópica elimina los riesgos inherentes de la cirugía abierta, reduce las tasas de complicaciones, disminuye el dolor postoperatorio y el tiempo de recuperación⁽⁵⁾.

El objetivo de este trabajo es presentar la técnica quirúrgica artroscópica de DC para el tratamiento de la ONCF asociado a la implantación de células madre y al manejo de lesiones concomitantes.

Caso clínico

Se trata de un paciente masculino de 45 años, sin antecedentes clínicos de importancia. Acude

por dolor en la cadera derecha sin causa, que incrementa con la actividad física, la bipedestación y la sedestación prolongada. A la valoración presenta flexión de 120° dolorosa, extensión de 30°, abducción de 40° dolorosa, aducción de 30°, rotación interna de 15° dolorosa y rotación externa de 25° dolorosa; maniobras: FABER +, FADIR + y *log roll* +; escala funcional médica Hip Outcome Score (HOS) de 35/68 (51,5%) puntos y escala visual analógica (EVA) del dolor de 7/10. En la radiografía anteroposterior de pelvis y en posición de Dunn a 90° se evidencia esclerosis de la cabeza femoral, además de morfología de tipo *cam* y *pincer* (Figura 1). En la artroresonancia magnética de la cadera derecha, se evidencia una imagen hipointensa en la secuencia T2, con bordes hiperintensos en la secuencia T1 (signo de doble contorno), desgarro del *labrum* acetabular de Czerny-Hoffman⁽⁸⁾ IIIA, adelgazamiento de cartílago articular, sin colapso de la cabeza femoral. El ángulo de Kerboul⁽⁹⁾ medido es de 284° con alto riesgo de colapso de la cabeza femoral (Figura 2).

Se diagnostica de síndrome de pinzamiento femoroacetabular de tipo mixto asociado a lesión labral de Czerny-Hoffman IIIA más necrosis avascular de la cabeza femoral ARCO⁽¹⁰⁾ estadio IIc. Se decide optar por un tratamiento de preservación articular mediante artroscopia de cadera, debido a que es un paciente adulto joven, activo, sin comorbilidades adicionales. En los estudios de imagen se evidencia ausencia de signos degenerativos y de colapso de la cabeza femoral^(11,12).

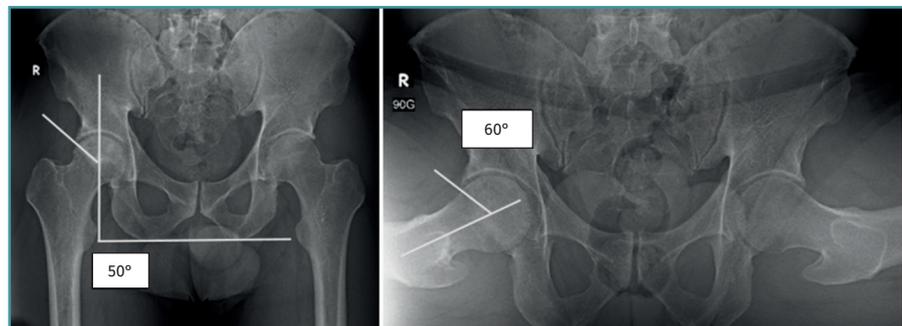


Figura 1. Radiografía anteroposterior (AP) de pelvis y proyección de Dunn a 90°, evidenciando un ángulo centro borde (Wiberg) aumentado de 50° y un ángulo alfa aumentado de 60°.

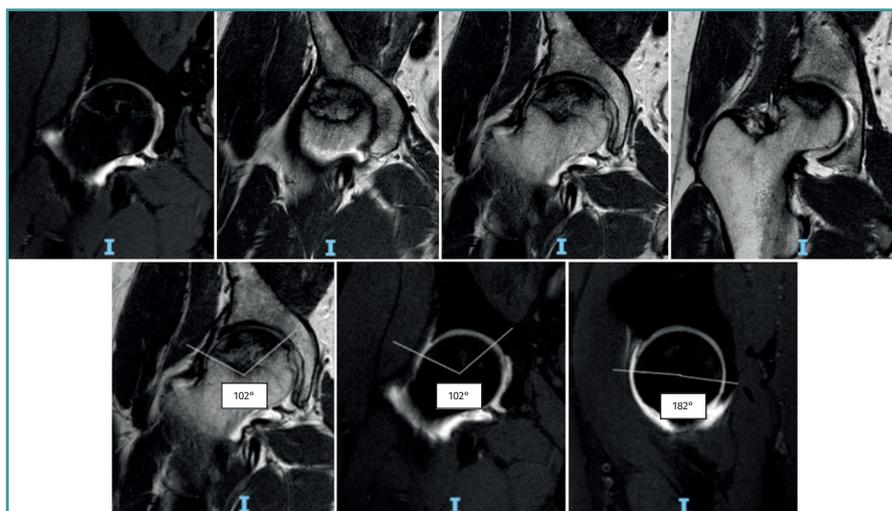


Figura 2. Artrorresonancia magnética de la cadera derecha, evidenciándose en cortes coronales y axiales una imagen hipointensa en la secuencia T2, con bordes hiperintensos en la secuencia T1 (signo del doble contorno), lesión de tipo pincer y cam, desgarrado del labrum acetabular de Czerny-Hoffman IIIA y adelgazamiento del cartílago articular. Medición del ángulo de Kerboul de 284°.

Técnica quirúrgica

Cosecha de células madre, posicionamiento y portales

La cirugía es llevada a cabo por el cirujano experimentado (CNS). Con el paciente en decúbito supino y bajo anestesia combinada (espinal y general) y normas de asepsia y antisepsia, se realiza el aspirado de médula ósea para la obtención de células madre mesenquimales autólogas de la cresta ilíaca izquierda mediante el sistema T-Lok™ Bone Marrow Biopsy Needle 11 Gaus × 4 Inches (Argon Medical Devices Inc., Texas-Estados Unidos).

El paciente es colocado en la mesa ortopédica de tracción en decúbito supino, se protege el área genital y los miembros inferiores. La cadera que se va a intervenir se coloca con 5° de aducción, flexión de 15° y rotación interna de 15°. Tras el marcado dermatográfico de las referencias anatómicas se aplica tracción, cuya cantidad se limita a la mínima necesaria para

lograr una apertura del espacio articular hasta unos 10 mm. Se realizan los portales artroscópicos estándar para el procedimiento (anterolateral, medio anterior y anterolateral distal accesorio) para visión y trabajo con técnica dentro fuera^(13,14).

Artroscopia, resección de pincer, reparación labral y resección de cam

Se realiza la capsulotomía lineal interportal para abordar la articulación coxofemoral; posteriormente, se lleva a cabo acetabuloplastia con técnica *over the top* para la resección de la lesión de tipo *pincer* (Figura 3).

La reparación de la lesión labral se efectúa mediante 2 anclas de PEEK sin nudo de

2,8 mm (PopLok® Knotless Suture Anchor, ConMed Corporation, Nueva York-Estados Unidos) y un ancla de 1,3 mm con nudo (Y-Knot® Flex, ConMed Corporation, Nueva York-Estados Unidos). Se realizan microperforaciones en

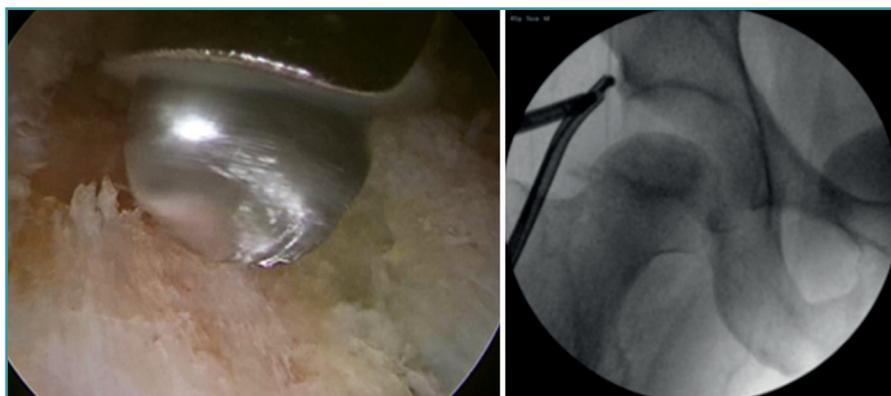


Figura 3. Acetabuloplastia artroscópica mediante técnica *over the top*. Control mediante intensificador de imágenes de procedimiento.



Figura 4. Reparación labral mediante anclas con adecuada estabilización comprobada mediante palpador y realización de microperforaciones en la lesión condral.

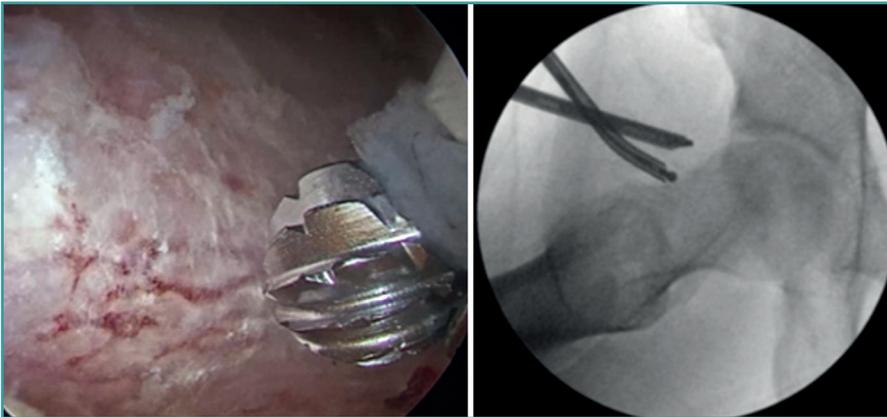


Figura 5. Femoroplastia astrocópica. Control mediante intensificador de imágenes de procedimiento.

la lesión condral del acetábulo de grado II de tamaño $1,0 \times 1,0 \text{ cm}^2$ (Figura 4).

Posteriormente, se retira la tracción y se procede a la resección de la lesión de tipo cam (Figura 5).

Descompresión central artroscópica

Una vez tratadas las patologías concomitantes, se localiza el sitio de la lesión en la cabeza femoral mediante escopia y se comprueba artroscópicamente la ausencia de colapso de la cabeza femoral en el sitio de la necrosis (Figura 6).

Se realizan 6 perforaciones con la guía de las anclas de 1,3 mm (Y-Knot® Flex) y 3 perforaciones con la guía del sistema de las anclas de PEKK sin nudo de 2,8 mm (PopLok® Knotless Suture Anchor), para la DC de la cabeza femoral a través de la región anterolateral del cuello femoral, guiadas



Figura 6. Visión artroscópica comprobando el no colapso subcondral.

por escopia con separación de 3 mm entre cada una de ellas, con diámetro de 1,3 y 2,8 mm, respectivamente, y comprobándose el sangrado de cada perforación (Figura 7 y Vídeo 1).

Colocación de células madre autólogas

Se realiza aspiración de la solución de irrigación. Mediante 1 perforación realizada con la guía del sistema de las anclas de PEEK sin nudo de 2,8 mm (PopLok® Knotless Suture Anchor), creando una perforación

de diámetro de 2,8 mm, se introducen las células madre autólogas previamente cosechadas bajo control de escopia. Finalmente, se realiza el cierre capsular con suturas de alta resistencia y el cierre de los portales. La duración total de la cirugía fue de 3 horas y 15 minutos, 1 hora y 30 minutos con tracción del miembro inferior (Figura 8).

Manejo postoperatorio

El paciente es dado de alta al día siguiente con medicación analgésica, evitándose antiinflamatorios no esteroideos; además, se indica descarga de la extremidad por 4 semanas y ejercicios de movilidad pasiva para ganar rangos de movilidad de manera progresiva.

Al mes posquirúrgico, el paciente presenta una escala funcional HOS de 46/68 puntos (67,6%) y una EVA de 3/10; se inicia carga parcial progresiva, rangos de movilidad activos completos, fortalecimiento muscular, reeducación de la marcha y retiro de los apoyos progresivo.

En el control a los 4 meses posquirúrgicos el paciente presenta una escala funcional HOS de 61/68 puntos (89,7%) y EVA de 0/10. En las pruebas de imagen se evidencia disminución de la zona de necrosis en la cabeza femoral mejorando el ángulo de Kerboul de 284° a 240° (Figuras 9 y 10). También se presentó como complicación una osificación heterotópica con una imagen de 0,8 cm de diámetro extraarticular proximal al cuello femoral.

A los 6 meses posquirúrgicos, al examen físico presenta rangos completos de movilidad no dolorosos y maniobras de pinzamiento articular negativas.

Discusión

El estándar de oro para tratamiento de la ONCF es la DC. La DC de la cabeza femoral tradicionalmente se ha rea-

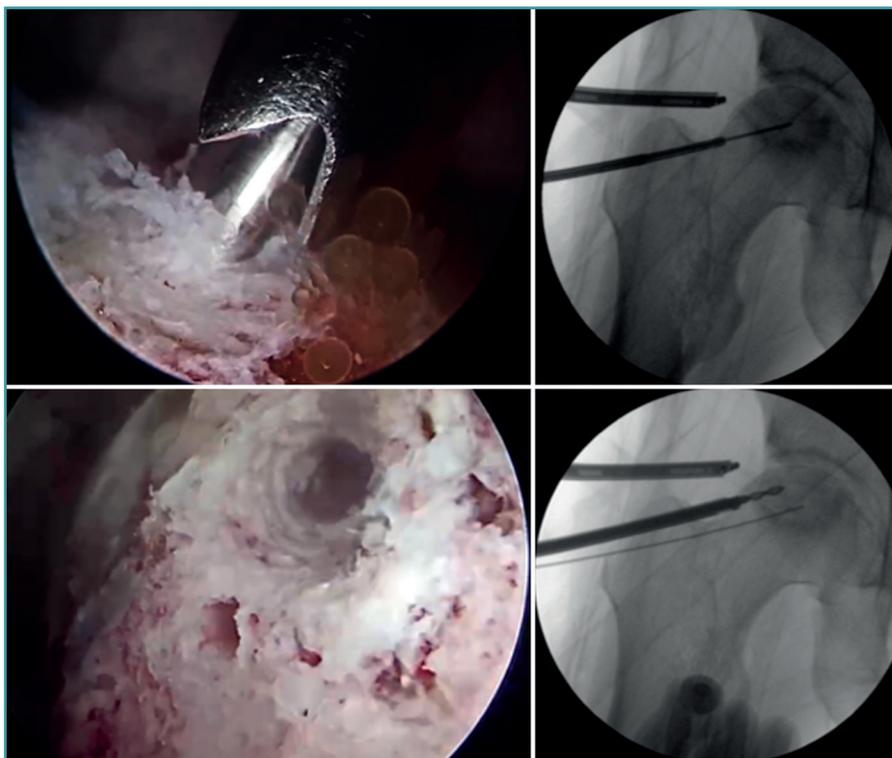


Figura 7. Descompresión central del fémur mediante microperforaciones; visión artroscópica y control fluoroscópico.

en 2006 mediante el trabajo de Yan *et al.*, se introdujo el uso de la DC más el uso de factores de crecimiento y factores de diferenciación celular con resultados alentadores⁽¹⁷⁾.

Una revisión sistemática realizada en 2017 reportó mejores resultados con el uso de terapia celular en ONCF comparado con el grupo control, evidenciando una progresión de la enfermedad del 24,5 *versus* el 40%, respectivamente, y una conversión a artroplastia total de cadera del 16% comparada con el 21% en el grupo control⁽²⁾.

Los expertos recomiendan que se realicen múltiples perforaciones para maximizar la eficacia del procedimiento⁽¹⁸⁾.

Una revisión sistemática realizada por Hua *et al.* en 2019, donde se incluyeron 32 estudios con 2.441 caderas; 1.379 tratadas mediante DC aislada, 565 tratadas mediante DC combinado con hueso autógeno y



Vídeo 1. <https://fondoscience.s3.eu-west-1.amazonaws.com/dfs-reaca-videos/reaca.fs2304012-desompresion-artroscopica-cabeza-femoral-y-celulas-madre.mp4>



Figura 8. Colocación de células madre bajo visión fluoroscópica.

lizado de forma retrógrada y percutánea a través de un abordaje lateral del fémur en la región subtrocantérica⁽²⁾. Numerosos autores como Mont⁽¹⁵⁾ en 2004 y Song⁽¹⁶⁾ en 2007 introdujeron el concepto de descompresión percutánea con múltiples orificios a través del cuello femoral mediante abordaje lateral y la ayuda de escopia. Incluso,

497 tratadas mediante DC combinada con médula ósea. Se reportaron tasas de éxito en el primer grupo del 57%, en el grupo de DC más médula ósea del 74% y en el último



Figura 9. Radiografía ateroposterior de pelvis y Dunn 45° y 90° tras 4 meses posquirúrgicos.

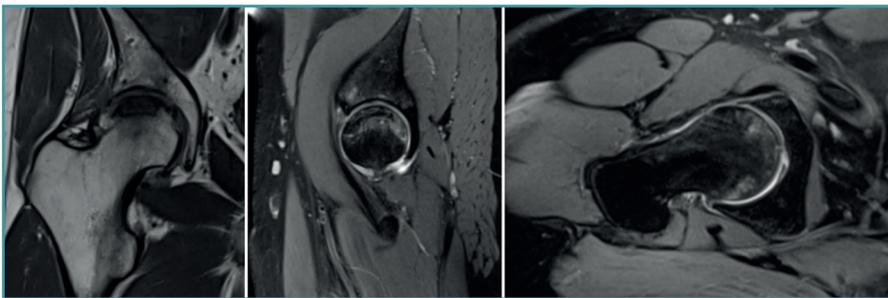


Figura 10. Resonancia magnética de la cadera derecha tras 4 meses posquirúrgicos, evidenciándose disminución de la zona de necrosis de la cabeza femoral. Ángulo de Kerboul de 240°.

gresión a osteoartritis en 6 caderas (2 estadio II, 2 estadio III y 2 estadio IV), concluyendo que existe una disminución del dolor articular evaluado mediante escalas funcionales –Harris Hip Score (HHS), EVA y encuesta breve de salud (SF-12)– y éxito, evitando o retrasando la necesidad de reemplazo articular en estadios tempranos de ONCF, evaluado mediante radiografías y resonancia magnética⁽²²⁾.

grupo del 81%. Los resultados clínicos muestran una tasa de éxito general en los 3 procedimientos del 65% con diferencias estadísticamente significativas entre ellos, concluyendo que la DC es un método efectivo y seguro para el tratamiento de la ONCF. Este procedimiento asociado a la colocación de hueso autólogo y médula ósea aumenta la tasa de éxito y, finalmente, recomiendan precaución en casos de estadios avanzados⁽¹⁹⁾.

Otra revisión sistemática fue realizada en 2021 por Liu, en la cual se incluyeron 784 pacientes (918 caderas) con 7 diferentes intervenciones que fueron evaluadas: DC aislada, DC e injerto óseo, DC más implantación de tántalo, DC y terapia celular, DC más injerto óseo más terapia celular, injerto óseo vascularizado y tratamiento conservador. En los resultados de progresión radiológica la DC y terapia celular mostró un mejor resultado, seguida de la DC aislada, concluyendo que podría considerarse un método para retrasar la progresión de la enfermedad basado en la evidencia actual⁽²⁰⁾.

La DC de la cabeza femoral con implantación de células madre mesenquimales de médula ósea fue descrita por primera vez en 2002 por Hernigou⁽²¹⁾. Un estudio realizado en 2015 por Persiani, donde se incluyeron 31 caderas con ONCF tratadas mediante DC más colocación de células madre mesenquimales de médula ósea reportó en 25 caderas una mejoría de los síntomas y resolución de osteonecrosis en estadios I y II. Además, mostró una pro-

2018 reporta que el uso de células madre como tratamiento de la ONCF es un tratamiento eficiente y seguro en pacientes con estadios ARCO I y II⁽²³⁾. Finalmente, una revisión sistemática de ensayos clínicos controlados aleatorizados publicada en 2020, donde se incluyeron 13 ensayos clínicos aleatorizados (855 caderas), reporta que la aplicación de células madre en ONCF retrasa el colapso de la cabeza femoral (riesgo relativo: 0,54) y la necesidad de reemplazo articular de cadera (riesgo relativo: 0,55) y una diferencia significativa estadísticamente en relación con los efectos adversos⁽²⁴⁾.

La adaptación de realizar la descompresión de forma artroscópica elimina los riesgos inherentes de la cirugía abierta, reduce las tasas de complicaciones, disminuye el dolor postoperatorio y el tiempo de recuperación⁽⁵⁾.

En un estudio publicado en 2023 por Ji, se incluyeron 185 caderas con ONCF, estadios ARCO I (43), II (114) y III (28), tratadas mediante desbridamiento articular y múltiples perforaciones óseas pequeñas mediante artroscopia. Se obtuvieron tasas de supervivencia del 79, el 72, el 52, el 32 y el 10% en pacientes con estadios I, IIa, IIb, IIc y III, respectivamente, concluyendo que la DC es un método efectivo en pacientes con estadios iniciales de ONCF, particularmente en aquellos con patologías asociadas en la articulación de la cadera⁽²⁵⁾.

Los resultados obtenidos con la técnica quirúrgica descrita en este artículo son similares a los reportados

en la literatura mundial, sin que sea factible realizar una comparación objetiva, debido al poco tiempo de seguimiento y al tratarse de la descripción de un caso y de la técnica quirúrgica. El paciente ha presentado una clara mejoría funcional asociada a una importante disminución del dolor evitando el colapso de la cabeza y sin complicaciones importantes, por lo que la DC de la cabeza femoral más la colocación de células madre autólogas como tratamiento de la ONCF realizada de manera artroscópica es una alternativa terapéutica viable.

Una limitación de este estudio es el corto seguimiento. Si bien el objetivo del presente artículo no es reportar resultados, nos permite describir una técnica quirúrgica reproducible, además de presentar el caso del paciente tratado y sus estudios imagenológicos de control, que nos posibilitan demostrar una disminución del ángulo de Kerboul a pesar del corto tiempo posquirúrgico, pasando de un riesgo alto de colapso a moderado. La mejoría clínica puede deberse a 2 factores. El primero es que se trataron patologías concomitantes en el mismo procedimiento (pinzamiento femoroacetabular y reparación labral) y el segundo factor es que, a pesar de no tener una ausencia completa del foco de necrosis en los estudios de imagen a los 4 meses, podemos tener neovascularización y formación de nuevas trabéculas óseas que han permitido que el colapso no se presente.

Conclusión

La DC más colocación de células madre autólogas como tratamiento de la ONCF es una técnica con resultados favorables a corto plazo, como se demuestra en la literatura y en este trabajo, permitiendo tratar patologías asociadas y con bajas tasas de complicaciones en comparación con la descompresión no artroscópica, y debería considerarse como opción terapéutica en casos de ONCF.

Material adicional

Se puede consultar la videotécnica que acompaña a este artículo en el siguiente enlace (**Vídeo 1**):

<https://fondoscience.s3.eu-west-1.amazonaws.com/fs-reaca-videos/reaca.fs2304012-desompresion-artroscopica-cabeza-femoral-y-celulas-madre.mp4>

Responsabilidades éticas

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiación. Este trabajo no ha sido financiado.

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Bibliografía

1. Hua KC, Yang XG, Feng JT, et al. The efficacy and safety of core decompression for the treatment of femoral head necrosis: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):306.
2. Piuze NS, Chahla J, Schrock JB, et al. Evidence for the use of cell-based therapy for the treatment of osteonecrosis of the femoral head: a systematic review of the literature. *J Arthroplasty.* 2017;32(5):1698-708.
3. Mont MA, Carbone JJ, Fairbank AC. Core decompression versus nonoperative management for osteonecrosis of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;324(324):169-78.
4. Serong S, Haubold J, Theysohn J, Landgraebler S. Arthroscopic assessment of concomitant intraarticular pathologies in patients with osteonecrosis of the femoral head. *J Hip Preserv Surg.* 2020;7(3):458-65.
5. Day HK, Shelton TJ, Comfort SM, et al. Arthroscopic core decompression for avascular necrosis of the femoral head using multiple small-diameter tunnels. *Arthrosc Tech.* 2022;11(11):e1879-82.
6. Theopold J, Armonies S, Pieroh P, Hepp P, Roth A. Nontraumatic avascular necrosis of the femoral head: Arthroscopic and navigation-supported core decompression. *Oper Orthop Traumatol.* 2020;32:107-15.
7. Nazal MR, Parsa A, Martin SD. Mid-term outcomes of arthroscopic-assisted Core decompression of Precollapse osteonecrosis of femoral head-minimum of 5year follow-up. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019 Oct 15;20(1):448.
8. Czerny C, Hofmann S, Neuhold A, et al. Lesions of the acetabular labrum: accuracy of MR imaging and MR arthrography in detection and staging. *Radiology.* 1996;200(1):225-30.
9. Takashima K, Sakai T, Hamada H, Takao M, Sugano N. Which classification system is most useful for classifying osteonecrosis of the femoral head? *Clin Orthop Relat Res.* 2018;476(6):1240-9.
10. Yoon BH, Mont MA, Koo KH, et al. The 2019 revised version of Association Research Circulation Osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head. *J Arthroplasty.* 2020;35(4):933-40.
11. Marín-Peña O, Lund B, Ayeni OR, Dantas P, Griffin D, Khanduja V. Basic Concepts in Hip Arthroscopy. In: ESSKA Instructional Course Lecture Book. Berlín, Heidelberg: Springer; 2018. pp. 45-67.
12. Byrd T. Indications and Contraindications. En: *Operative Hip Arthroscopy.* Springer; 2006. pp. 6-35.

13. Sandoval E, Cimas D. Técnicas de posicionamiento y abordaje en artroscopia de cadera. *Portales. Rev Esp Artrosc Cir Articul.* 2016;23(1):31-6.
14. Pérez-Carro L, Galindo C, Estany E, Adrio RG, Golano P, Vega J. Hip Arthroscopy Indications and Technique. Roma: CIC Edizione Internazionale Technique Chirurgiche in Ortopedia e Traumatologia Hip Arthroscopy Indications and Technique; 2011. pp. 9-16.
15. Etienne G, Mont MA, Ragland PS. The diagnosis and treatment of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. *Instr Course Lect.* 2004;53.
16. Song WS, Yoo JJ, Kim YM, Kim HJ. Results of multiple drilling compared with those of conventional methods of core decompression. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;454:139-46.
17. Marker DR, Seyler TM, Ulrich SD, Srivastava S, Mont MA. Do modern techniques improve core decompression outcomes for hip osteonecrosis? *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(5):1093-103.
18. Microsurgery Department of the Orthopedics Branch of the Chinese Medical Doctor Association, Group from the Osteonecrosis and Bone Defect Branch of the Chinese Association of Reparative and Reconstructive Surgery, Microsurgery and Reconstructive Surgery Group of the Orthopedics Branch of the Chinese Medical Association. Chinese guideline for the diagnosis and treatment of osteonecrosis of the femoral head in adults: Guideline for ONFH. *Orthop Surg.* 2017;9(1):3-12.
19. Hua KC, Yang XG, Feng JT, et al. The efficacy and safety of core decompression for the treatment of femoral head necrosis: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):306.
20. Liu Q, Guo W, Li R, Lee JH. Efficacy of various core decompression techniques versus non-operative treatment for osteonecrosis of the femoral head: a systemic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):948.
21. Hernigou P, Beaujean F. Treatment of osteonecrosis with autologous bone marrow grafting. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;405(405):14-23.
22. Persiani P, De Cristo C, Graci J, Noia G, Gurzi M, Villani C. Stage-related results in treatment of hip osteonecrosis with core-decompression and autologous mesenchymal stem cells. *Acta Orthop Belg.* 2015;81(3):406-12.
23. Li R, Lin QX, Liang XZ, et al. Stem cell therapy for treating osteonecrosis of the femoral head: From clinical applications to related basic research. *Stem Cell Res Ther.* 2018;9(1).
24. Mao L, Jiang P, Lei X, et al. Efficacy and safety of stem cell therapy for the early-stage osteonecrosis of femoral head: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Stem Cell Res Ther.* 2020;11(1).
25. Ji Q, Li X, Luo S, et al. Long-term outcomes of arthroscopic synovectomy and core decompression through multiple small bone holes for early-stage avascular necrosis of the femoral head. *Arthroplasty.* 2023;5(1):17.