

**ARTÍCULO DE REVISIÓN**

**Microfracturas por vía artroscópica en pacientes con artrosis de la rodilla**

**Microfractures via arthroscopy in patients with knee arthrosis**

**Micro-fractures sous arthroscopie chez les patients atteints d'arthrose du genou**

**MSc. Alejandro Álvarez López,<sup>I</sup> Dra. Yenima García Lorenzo,<sup>I</sup> MSc. Antonio Puentes Álvarez<sup>I</sup>**

<sup>I</sup> Hospital Universitario "Manuel Ascunce Doménech". Camagüey, Cuba.

---

**RESUMEN**

**Introducción:** las lesiones completas del cartílago articular hialino de la rodilla son lesiones muy difíciles de reparar debido a las características anatómicas de este tejido, de ahí la importancia de buscar soluciones prácticas y con un alto porcentaje de efectividad.

**Descripción:** la técnica de microfractura constituye un procedimiento de primera línea en el tratamiento de lesiones completas del cartílago en todo su espesor; en este trabajo se exponen los detalles técnicos de ese procedimiento, así como sus indicaciones, selección de los enfermos y se muestran los resultados de los autores en un período de seguimiento de 2 años.

**Conclusiones:** la microfractura constituye un procedimiento seguro, rápido, asociado a un alto porcentaje de efectividad en aproximadamente 80 % de los enfermos con un bajo índice de complicaciones.

**Palabras clave:** gonartrosis, tratamiento quirúrgico, microfracturas.

## ABSTRACT

**Introduction:** the complex lesions of hyaline articular cartilage of knee are lesions very difficult to repair due to the anatomic features of this tissue, thus the significance of seeking practical solutions and with a high level of effectiveness.

**Description:** the microfracture technique is a first line procedure in the treatment of whole lesions of cartilage in all its thickness; in present paper are expressed the technical details of such procedure, as well as its indications, selection of patients and the results obtained by authors during a 2-years follow-up.

**Conclusions:** the microfracture is a safe, fast procedure associated with a high percentage of effectiveness in almost an 80 % of patients and with a low rate of complications.

**Key words:** gonarthritis, surgical treatment, microfractures.

---

## RÉSUMÉ

**Introduction:** les lésions complètes du cartilage articulaire hyalin du genou sont des lésions très difficiles à corriger dues aux caractéristiques anatomiques de ce tissu, voici donc l'importance de chercher des solutions pratiques très efficaces.

**Description:** la technique de micro-fracture constitue un procédé de première ligne dans le traitement des lésions complètes du cartilage d'après son épaisseur. Dans ce travail, les détails techniques de ce procédé sont exposés, ainsi que leurs indications et la sélection des malades. Les résultats présentés correspondent à un suivi de 2 ans.

**Conclusions:** la micro-fracture constitue un procédé sûr, rapide, et associé à un haut pourcentage d'effectivité dans 80 % des malades, avec un faible taux de complications.

**Mots clés:** gonarthrose, traitement chirurgical, micro-fracture.

---

## INTRODUCCIÓN

Las lesiones del cartílago articular constituyen en la actualidad un reto en el tratamiento para los cirujanos relacionados con este tipo de enfermedad. Dentro de las causas más frecuentes se encuentran traumas directos sobre el cartílago articular y trastornos degenerativos muy relacionados con el envejecimiento de la población mundial.<sup>1,2</sup>

El cartílago articular es un tejido avascular, aneural y alinfático que garantiza la absorción de golpes mecánicos y la distribución de la carga de peso al hueso subcondral. Los síntomas y signos de esta enfermedad son variados y dependen de la magnitud de la lesión, que puede causar ligeras molestias de dolor e inflamación hasta la presencia de chasquidos articulares, bloqueos de la articulación por la presencia de cuerpos libres e incluso en estadios avanzados causar la anquilosis de la articulación.<sup>3-5</sup>

---

Las lesiones del cartílago articular no son de fácil manejo y de no ser tratadas de forma adecuada llevan al enfermo a la destrucción de la articulación. Según *Aroen* citado por *Albrecht* y otros<sup>6</sup> en un reciente estudio de 993 pacientes a los que se les realizó artroscopia de la rodilla, 66 % presentó daños de cartílago y 11 % daños en todo su espesor.<sup>7-9</sup>

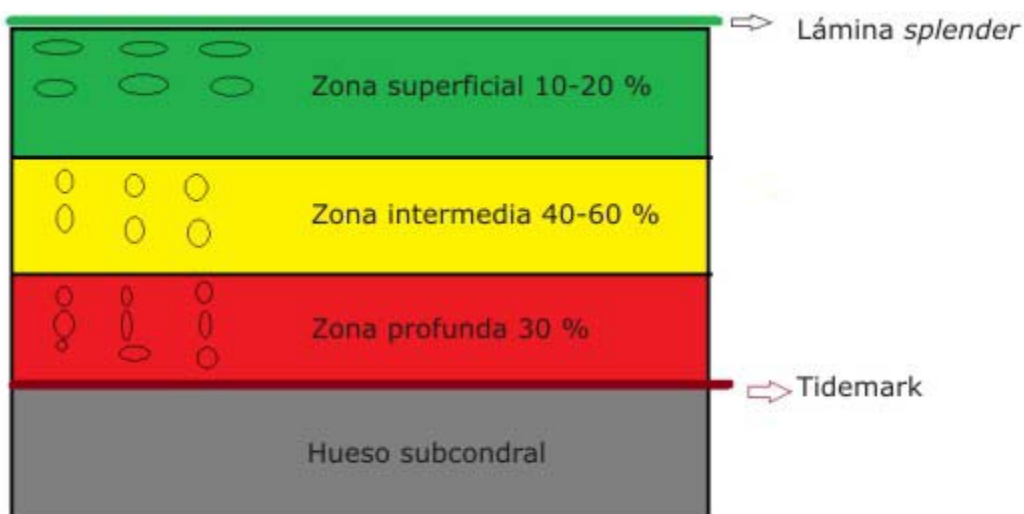
En la actualidad existe una gran variedad de métodos encaminados a restablecer la cicatrización de las lesiones de cartílago y a su reparación. Entre estos métodos se encuentran los injertos autólogos de condrocitos, injerto de periostio, utilización de láser y radiofrecuencia, lavados articulares y desbridamientos, así como las técnicas de estimulación medular, entre las que se encuentran la artroplastia por abrasión, las perforaciones y las microfracturas. Muchos de estos métodos son altamente costosos, lo que hace muy difícil su implementación en países subdesarrollados o en vías de desarrollo.<sup>10-12</sup>

La microfractura constituye una opción de tratamiento muy útil, disponible y de fácil aplicación por vía artroscópica, que elimina los inconvenientes de la cirugía abierta.<sup>13</sup>

El objetivo de este trabajo es mostrar las ventajas y la aplicación de esta técnica de acceso mínimo, partiendo de la fisiopatología normal del cartílago articular como una variedad de tratamiento disponible para pacientes con lesiones de cartílago articular.

## DESARROLLO

El cartílago articular está organizado por zonas. La zona superficial también llamada zona tangencial tiene las células aplanadas, en esta región es donde este tejido está más expuesto a las fuerzas de tensión, compresión y cizallamiento, las fibras colágenas son más finas y se encuentran paralelas unas con otras, y a la superficie articular. Además, en esta zona los proteoglicanos pequeños son más abundantes estando asociados a las fibras colágenas, mientras que los proteoglicanos largos son menos abundantes (Fig. 1).<sup>14</sup>



**Fig. 1.** Composición, forma y distribución del cartílago articular.

La zona superficial también llamada la piel del cartílago articular está compuesta por 2 capas. Una más superficial y brillante llamada por *Mac Conaill* "lámina *splendens* o lubricina", la cual contiene fibras finas con pocos polisacáridos y no existen células. La capa más profunda de esta zona contiene los condrocitos elipsoidales, los cuales se sitúan paralelos a la superficie articular; esta área profunda tiene una alta producción y concentración de colágenos y una baja concentración de proteoglicanos. La presencia de las fibras proporciona a esta zona mayor fortaleza para resistir más tensión que en las capas más profundas del cartílago. Esta capa protege al cartílago de la entrada de macromoléculas y, por ende, protege al cartílago del sistema inmune (Fig. 1).<sup>14,15</sup>

La zona media también llamada intermedia o transicional contiene células redondas rodeadas de matriz extracelular extensa. La zona profunda también nombrada zona radial contiene la concentración más baja de células y se encuentran agrupadas en racimos que se asemejan a los condrocitos hipertróficos de la placa de crecimiento. Sin embargo, esta zona tiene la concentración más alta de proteoglicanos. La densidad celular disminuye desde la zona superficial a la profunda, ya en esta última representa la mitad o un tercio de las células de la capa superficial (Fig. 1).<sup>14,16</sup>

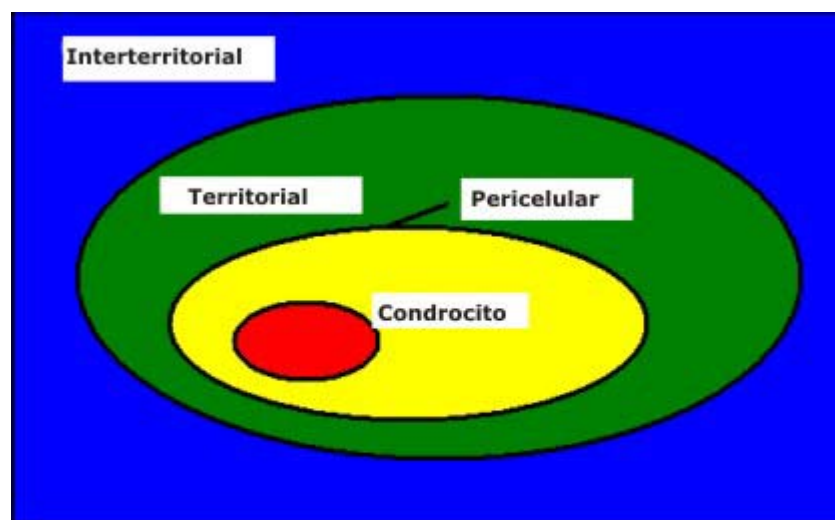
Adyacente a la zona profunda se encuentra la zona calcificada, la cual está definida por un borde llamado (*tide mark*) el cual puede ser observado en secciones con tinción de hematoxilina y eosina. Esta zona calcificada se forma como resultado de la osificación endocondral. Aunque el cartílago calcificado es normalmente reabsorbido y reemplazado por hueso maduro, esta zona persiste y actúa como un factor mecánico importante (zona de *buffer*), situada entre la zona no calcificada del cartílago articular y el hueso subcondral; además, es la mejor unión entre el cartílago y el hueso subcondral porque esta zona tiene propiedades mecánicas intermedias (Fig. 1).<sup>14,17,18</sup>

Teniendo en cuenta lo anterior, el cartílago articular está aislado de las células medulares por esta zona calcificada, lo cual hace imposible tener acceso a su vascularidad; debido a esta pobre irrigación sanguínea el cartílago articular tiene pocas posibilidades propias de reparación, porque la respuesta a un daño o trauma de cualquier tejido del organismo está en dependencia de la hemorragia, la formación del coágulo de fibrina y la importante participación de mediadores y factores de crecimiento. Por esta razón, todo trauma que afecte los condrocitos y la matriz extracelular que no penetren al hueso subcondral tienen poca o ninguna capacidad de reparación; por ejemplo, la única reacción de reparación espontánea que ocurre en la zona superficial es la proliferación transitoria de los condrocitos cerca de los bordes del defecto.<sup>19,20</sup>

La ruptura de la zona superficial incrementa considerablemente la permeabilidad del tejido, así como las fuerzas de compresión sobre esta, lo cual constituye uno de los primeros cambios en la osteoartritis degenerativa. La destrucción de esta zona favorece la liberación de moléculas cartilaginosas dentro del líquido sinovial, que estimula la respuesta inmune e inflamatoria.<sup>21,22</sup>

La matriz del cartílago articular está organizada en 3 zonas: pericelular, territorial e interterritorial.<sup>14</sup>

La zona pericelular de la matriz es una capa delgada en estrecho contacto célula-célula, es rica en proteoglicanos y proteínas no colágenas, contiene además colágeno no fibrilar a expensas del colágeno tipo VI (Fig. 2).<sup>15</sup>



**Fig. 2.** Zonas de la matriz.

La zona territorial rodea la zona pericelular, especialmente los condrocitos aislados o en columnas. Existe una gran cantidad de fibrina que se encuentra entrecruzada protegiendo los condrocitos de los impactos mecánicos (Fig. 2).<sup>15</sup>

La zona Interterritorial es la de mayor volumen y está formada por fibras colágenas largas y de mayor diámetro, que se orientan en dependencia de las necesidades. Esta zona se diferencia de las otras por la formación de moléculas de proteoglicanos (Fig. 2).<sup>16</sup>

El mayor porcentaje de la matriz extracelular está compuesto por colágeno, proteoglicanos, agua y una población esparcida de células. En la matriz del cartílago articular maduro, las fibras de colágeno tipo II constituyen 50 % del peso seco y los colágenos tipo V, VI, IX, X y XI representan solo pequeñas cantidades. El colágeno tipo II existe en una configuración de triple hélix, lo cual proporciona fortaleza ténsil e integridad mecánica al cartílago y actúa como una armadura para inmovilizar y retener los proteoglicanos.<sup>14,16</sup>

Los proteoglicanos constituyen 12 % del peso total del cartílago articular y son las mayores macromoléculas que ocupan los intersticios dentro de las fibras colágenas. Los glicosaminoglicanos contienen grupos carboxilo y(o) grupos sulfatos (sulfato de neratán y sulfato de condritina). La carga negativa de estos glicosaminoglicanos es la responsable de la alta afinidad de este tejido por el agua, que ayuda a resistir las cargas compresivas; además, estas cargas negativas hacen que se repelan unos a otros, lo cual favorece que ocupen una posición más amplia en el tejido. Esto incrementa las concentraciones de iones inorgánicos como el sodio, que aumenta la osmolaridad y crea el efecto *Donnan*.<sup>23</sup>

El agua ocupa de 65 a 80 % del peso total del cartílago articular, en dependencia del estado de las cargas y la presencia o ausencia de cambios degenerativos. La resistencia a las cargas de presión depende de la presión del agua y el tamaño de la matriz, lo cual a su vez se debe a la concentración de proteoglicanos, que determinan la permeabilidad de este tejido y su resistencia a la fricción. Además, el agua contribuye a la lubricación y el transporte de nutrientes.<sup>16,17</sup>

Los condrocitos representan solo 2 % del volumen total del cartílago articular normal y son las únicas células en este. Su metabolismo se afecta por factores mecánicos y químicos como son los mediadores solubles (factor de crecimiento e interleucinas), composición de la matriz, cargas mecánicas, presiones hidrostáticas y campos eléctricos. Debido a la baja concentración de oxígeno en la que existen los condrocitos, su metabolismo es fundamentalmente anaerobio. Los condrocitos sintetizan todas las macromoléculas (fibras colágenas, proteínas no colágenas y proteoglicanos) y además las enzimas degradativas en el cartílago articular normal; esta es la razón por la que tienen un importante papel en la remodelación y regeneración del cartílago articular. La presencia de este componente celular en el cartílago es muy escasa, de ahí que las lesiones de este tejido sean muy difíciles de reparar.<sup>24,25</sup>

*Microfracturas*: la microfractura constituye una de las técnicas de regeneración de cartílago más antigua y que mantienen su vigencia en la actualidad. Este procedimiento se basa en la estimulación y agregación de células progenitoras mesenquimatosas indiferenciadas en el sitio de la lesión.<sup>26,27</sup>

Los objetivos de la reparación cartilaginosa consisten en restablecer las propiedades biomecánicas del cartílago, mejorar los síntomas del paciente, devolver el nivel funcional previo a la lesión y evitar el desarrollo de complicaciones locales que terminen en el establecimiento del proceso degenerativo de la articulación o el avance de la enfermedad degenerativa.<sup>28,29</sup>

Las lesiones el cartílago pueden ser clasificadas según la *Outerbridge* en 4 grados desde el punto de vista artroscópico:

Grado 1: reblandecimiento del cartílago articular.

Grado 2: fragmentación y fisuración.

Grado 3: fragmentación y fisuración que llegan al hueso subcondral.

Grado 4: pérdida total del cartílago con exposición de hueso subcondral.<sup>30,31</sup>

En los defectos osteocondrales tipo cuatro o completos una vez realizada la microfractura se llenan de cartílago fibroso, el cual está principalmente compuesto por colágeno tipo I; algunas formas redondas de células parecidas a los condrocitos pueden desarrollar e incluso sintetizar colágeno tipo II en algunas porciones del defecto, pero el tejido reparado está usualmente compuesto por tejido fibroso, hialino y fibrocartilaginoso. Este tejido de reparación es muy diferente al tejido articular normal basado en que es menos organizado, más vascular y biomecánicamente diferente en contenido de agua, proteoglicanos y tipo de colágeno, porque en este predomina el colágeno tipo I; desde el punto de vista mecánico este tejido de reparación dura menos y es diferente en su estructura.<sup>32,33</sup>

Esta técnica fue introducida por *Steadman* y *Rodrigo* citado por *Asik* y otros,<sup>34</sup> la cual es similar a la perforación pero con penetración solamente de la placa subcondral, después de realizado el desbridamiento.

Las indicaciones para este tipo de procedimiento son lesiones osteocondrales degenerativas de la rodilla y lesiones traumáticas del cartílago que afectan todo el espesor del cartílago, es decir, el tipo IV según la clasificación de *Outerbridge*.<sup>35</sup>

Las consideraciones generales para la realización de esta técnica incluyen la edad del paciente, la presencia de alineación biomecánica aceptable y el nivel de

actividad. Para la realización de este procedimiento, luego de identificar la lesión completa del cartílago se procede a su desbridamiento con afeitador o rasurador, así como de los fragmentos de cartílago flojos alrededor de la lesión para formar un borde perpendicular de cartílago sano; la realización de este lecho ayuda a mantener el supercoágulo mientras se forma, después usando una cureta se extrae el estrato cartilaginoso sobrante, luego se realizan los orificios tan cercanos como sea posible para evitar que uno penetre en otro y se produzca deterioro en la placa subcondral situada entre ellos, los orificios están generalmente separados entre ellos de tres a cuatro milímetros o de 3 a 4 orificios por cm<sup>2</sup> con una profundidad generalmente de 4 mm.<sup>26,29</sup>

En general los orificios se practican desde la periferia del defecto, inmediatamente adyacentes al margen del cartílago sano, después se trabaja hacia el centro del defecto. Una vez realizada la microfractura se observan gotas de grasa y sangre que salen de los orificios, el objetivo de este procedimiento es la formación y estabilización de un supercoágulo rico en médula ósea mientras se recubre la lesión.<sup>30,31</sup>

Las ventajas de la microfractura sobre la perforación con barrenas radican en que el primero no produce calor sobre el hueso subcondral permitiendo una mejor cicatrización de los tejidos y por otro lado es más fácil de realizar con los instrumentos adecuados debido a la perpendicularidad de la superficie articular.<sup>30</sup>

La técnica de microfractura puede ser realizada de manera ambulatoria con un bajo índice de complicaciones, dentro de las complicaciones más encontradas están la hemartrosis causada por el sangrado del procedimiento, la ruptura de cartílago de neoformación porque estructuralmente no tiene las mismas características que el cartílago hialino normal, de allí la importancia de la supresión del apoyo por 6 semanas.<sup>36</sup> Según *Mithoefer* otros,<sup>37</sup> distintas complicaciones relacionadas con la microfractura son la persistencia de espacios entre el cartílago reparado y el normal, lo que puede ser encontrado hasta en 53 % de los enfermos y se debe a fallo en la integración entre estos 2 tejidos; esta complicación predispone al paciente a las fuerzas de estrés en sentido vertical, lo que a su vez provoca micromovimientos y cambios degenerativos.

El sobre-crecimiento óseo también constituye otra complicación después de realizada la microfractura y puede ser observada hasta en 25 % de los enfermos según plantea *Mithoefer* y otros;<sup>37</sup> y es causada por la metaplasia de la capa profunda del cartílago reparado, lo que tiene como factor predisponente la resección excesiva del hueso subcondral durante el desbridamiento.<sup>30,32</sup>

La importancia de la microfractura en pacientes con artrosis de la rodilla radica no solo en el tratamiento de las lesiones focales, sino además en la descompresión del hueso subcondral. En la actualidad *Yang* y otros<sup>38</sup> asocian la utilización de la microfractura al uso de la proteína morfogenética.

*Resultados:* *Steadman* citado por *Yen* y otros<sup>39</sup> reportó 75 % de resultados favorables de 3 a 5 años después de realizado el procedimiento. Al igual que en la técnica anterior la carga de peso debe ser eliminada por un período de 6 a 8 semanas (tabla).

Según *Alparslanet* y otros,<sup>40</sup> la microfractura es una técnica de gran utilidad y resultados favorables en más de 80 % de los pacientes donde es empleada, lo cual guarda relación con la investigación, porque de 21 pacientes que fueron intervenidos por esta modalidad 20 presentaron resultados excelentes o buenos (tabla).

En un estudio realizado por los autores con seguimiento en 2 años, se encontró que la realización de la microfractura en la rodilla presentó un resultado favorable en 85,7 % de los enfermos, lo cual demostró la efectividad de este método y su semejanza con los resultados de los autores anteriores. Sin embargo, se debe aclarar que estos enfermos fueron seleccionados de aquellos pacientes sin desviaciones angulares de la rodilla con lesiones de cartílago tipo IV de una circunferencia menor de 4 cm<sup>2</sup>, índice de masa corporal menor que 30 y evolución de los síntomas menor que 12 meses, según plantea *Raaijmakers* y otros,<sup>41</sup> así como *Lützner* y otros<sup>42</sup> (tabla).

**Tabla.** Resultados de varios autores

Autores	Resultados (%)	Seguimiento (años)
<i>Steadman</i> citado por <i>Asik</i> <sup>34</sup>	75	3-5
<i>Alparslanet</i> <sup>40</sup>	80	2
<i>Hunziker</i> citado por <i>Steinwachs</i> <sup>33</sup>	Favorable	7
<i>Miller</i> citado por <i>Solheim</i> <sup>31</sup>	Favorable	2
Resultados del autor	85,7	2

## CONCLUSIONES

Las lesiones del cartílago articular constituyen un reto para el cirujano ortopédico actual, debido a las características de este tejido entre las que se encuentran la vascularidad y su escasa población celular que hacen muy difícil la reparación en comparación a otros tejidos del cuerpo humano. Aunque existe una gran variedad de técnicas quirúrgicas para preservar el cartílago y favorecer su reparación, muchas de ellas son extremadamente costosas y se encuentran en períodos de investigación. La microfractura constituye una técnica de reparación antigua, considerada como de primera línea pero que aporta resultados favorables a un gran número de enfermos. Puede ser realizada por vía artroscópica, lo cual favorece la rápida recuperación del enfermo al utilizar portales de acceso muy pequeños a la articulación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bedi A, Feeley BT, Williams RJ. Management of articular cartilage defects of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(4):994-1009.
2. Henn RF, Gomoll AH. A review of the evaluation and management of cartilage defects in the knee. *Phys Sportsmed.* 2011;39(1):101-7.
3. Kalson NS, Gikas PD, Briggs TW. Current strategies for knee cartilage repair. *Int J Clin Pract.* 2010;64(10):1444-52.
4. Qiu GX. Diagnosis and treatment of osteoarthritis. *Orthopaedic Surgery.* 2010;2(1):1-6.



5. Sgaglione NA, Chen E, Bert JM, Amendola A, Bugbee WD. Current strategies for nonsurgical, arthroscopic, and minimally invasive surgical treatment of knee cartilage pathology. *Instr Course Lect.* 2010;59:157-80.
6. Albrecht D, Weise K. Therapy of articular cartilage lesions. *Chirurg.* 2008;79(10):989-98.
7. Chang G, Horng A, Glaser C. A practical guide to imaging of cartilage repair with emphasis on bone marrow changes. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2011;15(3):221-37.
8. Cole BJ. A randomized trial comparing autologous chondrocyte implantation with microfracture. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(5):1165.
9. Pascarella A, Ciatti R, Pascarella F, Latte C, Di Salvatore MG. Treatment of articular cartilage lesions of the knee joint using a modified AMIC technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(4):509-13.
10. Saris DB, Vanlauwe J, Victor J. Characterized chondrocyte implantation results in better structural repair when treating symptomatic cartilage defects of the knee in a randomized controlled trial versus microfractures. *Am J Sports Med.* 2008;36:233-4.
11. Knutsen G, Drogset J, Engebretsen L. A randomized trial comparing autologous chondrocyte implantation with microfractures-finding at five years. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2105-12.
12. Necas A, Plánka L, Srnc R, Crha M, Hlucilová J. Quality of newly formed cartilaginous tissue in defects of articular surface after transplantation of mesenchymal stem cells in a composite scaffold based on collagen I with chitosan micro- and nanofibres. *Physiol Res.* 2010;59(4):605-14.
13. Braun S, Steadman JR, Rodkey WG, Briggs KK. Microfracture and specific rehabilitation for treating osteoarthritis of the knee. Indications, surgical technique, and rehabilitation protocol. *Z Rheumatol.* 2009;68(10):811-8.
14. Bhosale AM, Richardson JB. Articular cartilage: structure, injuries and review of management. *British Medical Bulletin.* 2008;87:77-95.
15. Bush Joseph CA, Gordon MD. Cartílago articular: diagnóstico y tratamiento. En: McGinty JB, Burkhart SS, Johnson DH, Jackson RW, Richmond JC. McGinty, editores. *Artroscopia Quirúrgica.* Philadelphia: Lippincott William & Wilkins; 2007. p. 282-91.
16. Salzmann GM, Niemeyer P, Steinwachs M, Kreuz PC, Südkamp NP. Cartilage repair approach and treatment characteristics across the knee joint: a European survey. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2011;131(3):283-91.
17. Widuchowski W, Faltus R, Lukasik P, SzuyLux K. Long term clinical and radiological assessment of untreated severe cartilage damage in the knee. a natural history study. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;31:126-9.
18. Wong M, Hunzker EB. Biología y biomecánica del cartílago articular. En: Insall JN, Scott WN, editors. *Insall & Scott Rodilla.* Philadelphia: Williams & Wilkins; 2007. p. 319-23.

19. Erggelet C, Endres M, Neumann K, Morawietz L, Ringe J. Formation of cartilage repair tissue in articular cartilage defects pretreated with microfracture and covered with cell-free polymer-based implants. *J Orthop Res.* 2009;27(10):1353-60.
20. Mobasheri A, Csaki C, Clutterbuck AL, Rahmanzadeh M, Shakibaei M. Mesenchymal stem cells in connective tissue engineering and regenerative medicine: applications in cartilage repair and osteoarthritis therapy. *Histol Histopathol.* 2009;24(3):347-66.
21. Kesemenli CC, Memisoglu K, Muezzinoglu US. Bone marrow edema seen in MRI of osteoarthritic knees is a microfracture. *Med Hypotheses.* 2009;72(6):754-5.
22. Lane JG, Healey RM, Chen AC, Sah RL, Amiel D. Can osteochondral grafting be augmented with microfracture in an extended-size lesion of articular cartilage? *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1316-23.
23. Balain B, Ennis O, Kanen G, Singhal R, Roberts SN. Response shift in self-reported functional scores after knee microfracture for full thickness cartilage lesions. *Osteoarthritis Cartilage.* 2009;17(8):1009-13.
24. Chen H, Hoemann CD, Sun J, Chevrier A, McKee MD. Depth of subchondral perforation influences the outcome of bone marrow stimulation cartilage repair. *J Orthop Res.* 2011;29(8):1178-84.
25. Magnussen RA, Dunn WR, Carey JL, Spindler KP. Treatment of focal articular cartilage defects in the knee: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(4):952-62.
26. Chen H, Sun J, Hoemann CD, Lascau-Coman V, Ouyang W. Drilling and microfracture lead to different bone structure and necrosis during bone-marrow stimulation for cartilage repair. *J Orthop Res.* 2009;27(11):1432-8.
27. Oneto JM, Ellermann J, LaPrade RF. Longitudinal evaluation of cartilage repair tissue after microfracture using T2-mapping: a case report with arthroscopic and MRI correlation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(11):1545-50.
28. Cernyik DL, Lewullis GE, Joves BC, Palmer MP, Tom JA. Outcomes of microfracture in professional basketball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(9):1135-9.
29. Hunter DJ, Sharma L, Skaife T. Alignment and osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(Suppl 1):85-9.
30. Riyami M, Rolf C. Evaluation of microfracture of traumatic chondral injuries to the knee in professional football and rugby players. *J Orthop Surg Res.* 2009;4:13.
31. Solheim E, Oyen J, Hegna J, Austgulen OK, Harlem T. Microfracture treatment of single or multiple articular cartilage defects of the knee: a 5-year median follow-up of 110 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(4):504-8.
32. Safran MR, Seiber K. The evidence for surgical repair of articular cartilage in the knee. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(5):259-66.
33. Steinwachs MR, Gugli T, Kreuz PC. Marrow stimulation techniques. *Injury.* 2008;39(Suppl 1):S26-31.

34. Asik M, Ciftci F, Sen C, Erdil M, Atalar A. The microfracture technique for the treatment of full-thickness articular cartilage lesions of the knee: midterm results. *Arthroscopy*. 2008;24(11):1214-20.
35. Barrera LFA, Cuevas VH. Tratamiento mediante microfracturas de lesiones condrales grado IV de rodilla. *Acta Ortop Mex*. 2005;19(5):195-9.
36. Hurst JM, Steadman JR, O'Brien L, Rodkey WG, Briggs KK. Rehabilitation following microfracture for chondral injury in the knee. *Clin Sports Med*. 2010;29(2):257-65.
37. Mithoefer K, McAdams T, Williams RJ, Kreuz PC, Mandelbaum BR. Clinical efficacy of the microfracture technique for articular cartilage repair in the knee: an evidence-based systematic analysis. *Am J Sports Med*. 2009;37(10):2053-63.
38. Yang HS, La WG, Bhang SH, Kim HJ, Im GI. Hyaline cartilage regeneration by combined therapy of microfracture and long-term bone morphogenetic protein-2 delivery. *Tissue Eng Part A*. 2011;17(13-14):1809-18.
39. Yen YM, Cascio B, O'Brien L, Stalzer S, Millett PJ. Treatment of osteoarthritis of the knee with microfracture and rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(2):200-5.
40. Alparslan B, Ozkan I, Acar U, Cullu E, Savk SO. The microfracture technique in the treatment of full-thickness chondral lesions of the knee. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2007;41(Suppl 2):62-9.
41. Raaijmakers M, Vanlauwe J, Vandenneucker H, Dujardin J, Bellemans J. Arthroscopy of the knee in elderly patients: cartilage lesions and their influence on short term outcome. A retrospective follow-up of 183 patients. *Acta Orthop Belg*. 2010;76(1):79-85.
42. Lützner J, Kasten P, Günther KP, Kirschner S. Surgical options for patients with osteoarthritis of the knee. *Nat Rev Rheumatol*. 2009;5(6):309-16.

Recibido: 18 de mayo de 2011.

Aprobado: 13 de julio de 2011.

*Alejandro Álvarez López*. Calle 2da. No. 2. Esquina a Lanceros. Reparto "La Norma". Camagüey Ciudad 1. Camagüey, Cuba. Correo electrónico: [yenima@finlay.cmw.sld.cu](mailto:yenima@finlay.cmw.sld.cu)