

RECONSTRUCCIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE RODILLA EN MUJERES DEPORTISTAS

ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION IN FEMALE ATHLETES

DR. ALEJANDRO ORIZOLA M. (1) (2), ÁLVARO ZAMORANO C. (2)

1. DEPARTAMENTO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA. CLÍNICA LAS CONDES.
2. ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA. HOSPITAL CLÍNICO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.

Email: aorizola@clc.cl

RESUMEN

Actualmente ha habido un aumento en la práctica deportiva de la población femenina, fundamentalmente en deportes de contacto. Si comparamos con los hombres que practican el mismo deporte, las mujeres tienen hasta 8 veces mayor riesgo de rotura del LCA. Aún hay disparidad en los estudios de incidencia y las aproximaciones en relación a la etiología de esta diferencia necesitan más nivel de evidencia. Sin embargo la consolidación de la resolución quirúrgica de esta patología en todo tipo de atletas, permitiéndole el retorno precoz a la actividad competitiva, no está en discusión. Varias técnicas reconstructivas así como la elección del injerto son sujeto actual de investigación. Consideramos que una aproximación interesante en esta población es el énfasis en la prevención, fundamentalmente en la de tipo neuro muscular propioceptiva, que ha demostrado bajar la incidencia de lesiones del LCA en atletas mujeres.

Palabras clave: LCA, lesión, Mujeres, reconstrucción y prevención.

SUMMARY

Currently has increased the practice sports of the female population, especially in contact sports. If compared with men who practice the same sport, women have up to 8 times greater risk of ACL rupture. There are still disparities in incidence studies and approaches related to the etiology of

this difference needed more level of evidence. However the consolidation of the surgical resolution of this pathology in all types of athletes, allowing early return to competitive activity, isn't under discussion. Several reconstructive techniques as well as the choice of graft are actually a research subject. We believe that an interesting approximation in this population is the emphasis on prevention, mainly in neuromuscular and proprioceptive, which has shown to lower the incidence of ACL injuries in female athletes.

Key words: ACL - injury -female - reconstruction - prevention.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones del Ligamento Cruzado Anterior (LCA) tienen curiosamente una incidencia 4 a 8 veces mayor en deportistas mujeres que en hombres si los comparamos dentro de una misma disciplina deportiva (1). Por otra parte, en los últimos años se ha producido un aumento importantísimo de la cantidad de mujeres que realizan deporte, lo cual a su vez ha aumentado de forma directa este tipo de lesión y ha motivado el estudio de los factores que pudiesen explicar la diferencia entre ambos géneros.

Los factores que intentan explicar esta mayor incidencia son múltiples y han llevado a varios autores a proponer distintas teorías (2 -5). Estas teorías incluyen variables intrínsecas y extrínsecas, que serán detalladas a continuación.

FACTORES EXTRÍNECOS

Un aspecto a analizar es si la lesión se produce en deportes con o sin contacto, aceptando como definición de lesión sin contacto, aquella que ocurre en ausencia de contacto jugador con jugador (6). En la década de los 90, McLean et al (7) publicaron que el 70% de las lesiones del LCA se producen en situaciones en las cuales no existe contacto con otro jugador, datos similares a los publicados por Boden et al., quien en el año 2000 analizó con la ayuda de videos el mecanismo de las lesiones sin contacto, identificando que la mayoría de estos ocurre con la rodilla cerca de la extensión máxima durante la desaceleración o el aterrizaje (8). Olsen et al utilizaron la misma metodología analizando las lesiones producidas en el "handball", y concluyeron que el mecanismo lesional más frecuente de ver en mujeres sería con valgo forzado con la rodilla cerca de la extensión máxima asociada a rotación tibial (9).

Otro aspecto a analizar es la ejecución inadecuada del gesto deportivo. McLean et al, estudiaron las diferencias que se producen entre los géneros al enfrentar a un oponente durante la ejecución en la biomecánica del "dribbling". Las mujeres, al realizar un "dribbling", presentan mayor variabilidad en el valgo de rodilla y torsión tibial interna asociado a que anatómicamente presentan mayor ángulo de valgo de rodilla, pronación del pie e hiperlaxitud ligamentaria, predisponiendo a una eventual lesión (10).

Se analiza el uso de órtesis o "braces", no existe evidencia que apoye su uso profilácticamente para disminuir el riesgo de rotura del LCA. El "brace" por sí solo disminuye la translación anterior de la tibia entre un 29 - 39% y dinámicamente cuando hay activación muscular se logra una disminución de la translación tibial entre un 70 - 85%, sin embargo, por otro lado el "brace" también disminuye la activación de los isquiotibiales (11).

La interacción superficie - calzado deportivo, sería un factor predisponente de lesión sin contacto del LCA, a mayor coeficiente de fricción, mayor desbalance de centro de masa, rotación tibial y valgo de rodilla al ejecutar dribleo (12).

FACTORES INTRÍNECOS

En primer lugar analizaremos las diferencias anatómicas entre ambos sexos, que explicarían la mayor incidencia de las lesiones del LCA en mujeres. Desde el punto de vista de la antropometría, existen numerosos estudios que se han enfocado en medir el largo tibial, largo del muslo y altura. Se ha podido establecer que una geometría tibio-femoral lateral con platillo lateral pequeño (en relación al largo del fémur) y más convexo, resulta en inestabilidad tanto rotacional como de translación tibial anterior (13).

Otro aspecto es la relación ángulo Q v/s ancho de la pelvis, sabiendo que las mujeres tienen una pelvis más ancha, lo cual produce un aumento del ángulo Q y este aumento a su vez produciría un aumento en el riesgo de lesión del LCA (14). Sin embargo la medición estática del ángulo Q no parece ser predictor de valgo o lesión del LCA durante la práctica deportiva (15).

El menor ancho del surco intercondíleo da como resultado un LCA débil y pequeño, lo que predispondría a las mujeres a lesiones del LCA. Según Uhorchak et al. las mujeres con surco intercondíleo estrecho (< 13 mm) tenían un riesgo 16.8 veces mayor de lesión del LCA (16). A su vez, Shelbourne et al. aseguran que un surco intercondíleo estrecho se asocia a un LCA angosto, pero que el género no es factor determinante siendo esta conclusión válida para ambos sexos (17).

La laxitud aumentada es una característica del género femenino, que está presente en las mujeres deportistas. Boden et al demostraron que las mujeres con lesiones del LCA tenían mayor *recurvatum* y según Uhorchak et al las mujeres con hiperlaxitud tenían un riesgo 2.7 veces mayor de lesión del LCA (18, 16).

El último aspecto anatómico a analizar es el aumento en la translación tibial anterior, Rosene et al publicó que las atletas mujeres tienen mayor translación tibial anterior en relación a los hombres sometidos a fuerzas similares. Esto podría explicarse debido a la laxitud ligamentaria propia del género, sin embargo la activación del cuádriceps y los isquiotibiales también pueden modificar la translación tibial y no sólo es consecuencia de la laxitud ligamentaria, siendo un factor de riesgo para la rotura del LCA (19).

Del punto de vista de la fisiología, hay estudios que sugieren que los ciclos hormonales tendrían influencia tanto en el rendimiento como en la incidencia de lesiones. Es así como los efectos de los estrógenos fueron estudiados por Möller-Nielsen, quién demostró que las mujeres que juegan fútbol tienen una incidencia estadística mayor de lesiones en la fase lútea del ciclo menstrual. Los estrógenos afectan la tensión del LCA y se ha demostrado la presencia de receptores de estrógenos en los fibroblastos, en donde se produce una disminución en la síntesis de procolágeno (20).

Otro aspecto trascendente es la capacidad neuromuscular, principalmente lo que respecta a la relación entre musculatura agonista y antagonista. Es así como la coactivación entre cuádriceps e isquiotibiales protegen a la rodilla de una excesiva translación tibial anterior y además limita la abducción y el valgo. En las mujeres se observa una activación precoz de los isquiotibiales al producirse el apoyo, lo cual disminuye el equilibrio muscular, aumentando el riesgo de lesión del LCA. Estudios electromiográficos han demostrados diferencias significativas entre ambos sexos en el timing de la activación muscular durante la práctica deportiva (21, 22). Este aspecto ha sido motivo de investigación y se han ideado entrenamientos específicos que mejoran este aspecto propioceptivo, con el objetivo de disminuir la incidencia de lesiones (23, 24).

EVALUACION CLÍNICA

En la mayoría de los casos la paciente consulta en el contexto de una rodilla traumática aguda en la cual la sospecha de lesión del LCA se basará en el análisis del mecanismo de lesión. Una vez descartada la fractura mediante radiología simple y tras una artrocentesis que de salida a he-

martrosis, las posibilidades de tener una lesión de LCA pueden ser de hasta un 70% (25). El derrame articular repercute en forma evidente en la funcionalidad y es una causa de dolor, así como también lo son las lesiones asociadas de otras estructuras y el edema óseo. Otra forma de presentación es relativa a inestabilidad crónica, en el caso de una lesión que no fue detectada en forma aguda.

El rol del examen físico, una vez que el proceso inflamatorio agudo ha disminuido, es fundamental en el proceso diagnóstico. Es importante recalcar que el mejor rendimiento del examen físico es algunos días posterior a la lesión aguda. Existen múltiples pruebas clínicas descritas, no obstante, consideramos que la asociación de las pruebas de Lachman, bostezo medial en 0° y 20° y cajón anterior son las que en su conjunto tienen muy pocos falsos positivos. En inestabilidad crónica las pruebas de inestabilidad rotacional como el "pivot shift" o "jerk test", serían más realizables que en agudo, donde tendrían el inconveniente de ser muy dolorosas.

El estudio imagenológico de elección es la Resonancia Nuclear Magnética. Actualmente, es posible solicitar una artrotomografía computada, cuya sensibilidad y especificidad resultan menores, pero realizado en un centro con experiencia adecuada puede ser de utilidad en aquellos pacientes con menos recursos. Sin embargo que no cabe duda que el estudio de elección es la resonancia nuclear magnética, con la que se puede corroborar las lesiones de otras estructuras que son de importancia al planificar la cirugía (26).

TRATAMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Una vez que se ha realizado el diagnóstico y la decisión quirúrgica con la paciente, se debe elegir el tipo de injerto a utilizar. En relación a este punto es necesario aclarar que los conceptos biomecánicos y biológicos que diferencian a los distintos tipos de injerto son iguales tanto para mujeres como para hombres, debiendo tomarse en cuenta tipo de deporte o sollicitación mecánica a la que será sometido el injerto.

La mayoría de los pacientes con rotura de LCA pueden caminar en forma normal y realizar varias actividades como subir escaleras, bicicleta y trote sin inconvenientes. El tratamiento quirúrgico está indicado cuando existe sensación de inestabilidad en las actividades normales de la vida diaria o en los casos en que el paciente desea retomar actividades que involucran la maniobra de frenado brusco, pivote y cambios de dirección, tales como el fútbol, basquetbol, tenis y esquí (27).

Independientemente de si el tratamiento sea ortopédico o quirúrgico, el manejo inicial es el mismo: reducción de la hemartrosis mediante reposo, hielo, compresión y elevación de la extremidad; la administración de antiinflamatorios no esteroideos y la recuperación paulatina del rango articular y marcha normal. Durante este periodo de alrededor de 21 días, en los que la kinesioterapia es perentoria, se podría lograr la disminución de la incidencia de artrofibrosis o pérdida de la movilidad de la rodilla (28).

El manejo quirúrgico se basa en la reconstrucción artroscópica del LCA, ya que hay evidencia que respalda que el LCA nativo no regenera (29). Para esto se utiliza un autoinjerto o aloinjerto, uni o doble banda. Esta se hace mediante la realización de uno o dos túneles tanto en la tibia como en el fémur, teniendo variadas alternativas para fijar el injerto a ambos extremos óseos. Estas tendencias tienen su base en la reconstrucción respetando la anatomía, tanto de los haces del injerto como la orientación y forma de los sitios de origen e inserción (30-34). Sin embargo aún no existe evidencia con seguimiento a largo plazo que respalde estas tendencias.

La técnica artroscópica presenta diferentes opciones. La elección dependerá de variadas consideraciones quirúrgicas al momento de planificar la reconstrucción de LCA, entre las que se cuentan tipo de paciente, tipo de actividad deportiva y la disponibilidad de banco de tejidos, entre otras. Sin embargo el sexo no tendría relevancia en la toma de decisiones (30-34).

Los injertos de tendón patelar -mediante la técnica hueso-tendón-hueso (HTH)- y los tendones semitendinoso-*gracilis* (STG) son los de mayor uso, ambos con resultados clínicos y funcionales comparables (35-37). Recientemente ha crecido el interés por el uso de injertos alógrafos dados los buenos reportes en resultados y menor morbilidad del sitio donante (37, 38).

Un tema importante es la posición en que se realizan los túneles femoral y tibial, ya que inciden en mantener la estabilidad rotacional postoperatoria objetivada mediante "pivot shift" en el corto y largo plazo. Como se describió anteriormente, el ligamento cruzado anterior posee dos haces, uno antero medial cuya principal función es mantener la estabilidad anteroposterior y otro posteromedial, cuya función es la estabilidad rotacional (32) de estos hallazgos anatómicos nace la inquietud que lleva a desarrollar la técnicas de doble banda. Estudios biomecánicos que comparan las técnicas previamente descritas aportan que el uso de esta nueva técnica favorece la estabilidad rotacional de manera significativa (32). También en la actualidad la posición anatómica del túnel femoral se puede lograr a través de un portal anteromedial accesorio, logrando reproducir el "footprint" más exactamente (39). Esta posición más anatómica es motivo de investigaciones, las que intentan demostrar si esto se correlaciona con mejor rendimiento funcional.

La fijación del injerto es otro tema a considerar, ya que incide tanto en el proceso de recuperación como en mantener las características biomecánicas del injerto. Cabe destacar que dentro de esta lista de elementos de fijación existe una variedad de tamaños y tipos; la elección de uno u otro depende de las condiciones óseas del paciente, del tipo de injerto, del tipo de técnica, de la disponibilidad del centro y del conocimiento y manejo de estos por parte del especialista.

El tipo de injerto a utilizar en la reconstrucción del LCA siempre ha sido un tema controversial, desde la década de los setenta, el injer-

to más popular, e incluso el considerado "gold standard" fue el HTH, debido a sus características biomecánicas de mayor tensión y rigidez, en comparación con el ligamento nativo (40). Sin embargo, esta elección no estaba exenta de complicaciones, en especial del sitio donante, motivo por el cual se inicia la búsqueda de nuevas alternativas (36, 38, 41). Dentro de estas se encuentran los injertos de Semi-Tendinoso (ST), Semi-Tendinoso *Gracillis* (STG), tendón del cuádriceps y Aloinjertos (Aquiles, Patelar, Cuadriceps, etc).

Las ventajas del uso de injerto de tendón patelar se relacionan principalmente con el tiempo de recuperación y de reinserción deportiva (reportada en cuatro meses inclusive) (42), esto se debe al componente óseo que favorece la integración a nivel de los túneles femorales y tibiales, la cual se logra en un periodo de 6 semanas (43). Esto representa aproximadamente la mitad del tiempo que demora la integración de los injertos fasciculares (STG-ST). En oposición a esto, las desventajas están en relación al sitio donante del injerto, aumentando la incidencia de dolor anterior de rodilla, fractura patelar, rotura de tendón patelar, tendinitis, disminución del rango de movimiento, entre otras (44).

En un estudio realizado el año 2005 (45) que hizo un meta-análisis de los últimos 10 años de publicaciones, se observan resultados similares en términos de estabilidad de rodilla, aunque la técnica STG mostró mejores resultados en cuanto a evaluación por signo de Lachman y "pivot shift". Otros estudios mostraron menor morbilidad en sitio donante pero mayor laxitud anterior con la técnica semitendinoso gracillis (46-49).

En relación a las deportistas de alto rendimiento, en donde la necesidad de mantener la indemnidad del aparato extensor de la pierna se hace perentorio, la alteración biomecánica del sitio donante afecta directamente a la realización del gesto técnico, lo que podría traer como consecuencia una disminución del rendimiento deportivo. La bibliografía con respecto a este tópico cuando se realiza la técnica HTH es controversial. Por una parte hay estudios en donde se objetiva una deficiencia del cuádriceps femoral en estudios isokinéticos (50) y otros en que no se revelan diferencias significativas al compararlo con el uso de injertos alójenos, destacando si, la necesidad de una activa y precoz rehabilitación, independientemente del tipo de actividad realizada (51).

En las últimas décadas ha aumentado la utilización de injertos de STG múltiples bandas, por sobre el injerto HTH, debido a sus ventajas biomecánicas comparadas con este último y con el ligamento nativo, en cuanto a tensión máxima, rigidez y área de sección transversal (52). Adicionándose a nuevos métodos de fijación que simplifican el acto quirúrgico artroscópico. No obstante, este tipo de injerto posee desventajas en relación a los múltiples métodos de fijación que existen en el mercado y al tiempo prolongado necesario para la integración fascicular que es de aproximadamente 12 semanas.

En lo referente al uso de aloinjertos, de banco de hueso y tejidos, en una primera instancia se vio perjudicada por los métodos utilizados para

la esterilización de los mismos, con el fin de suprimir la posibilidad de transmisión de enfermedades como es el caso de VIH, Hepatitis B y C, entre otras. El primer caso reportados de transmisión de VIH debido a injerto en reconstrucción de LCA fue en 1985 (53). De todas maneras son escasos los reportes internacionales de transmisión por esta vía. Este riesgo se minimiza al máximo con estudios de laboratorio del sujeto donante (cultivos sanguíneos, Elisa VIH, Anticuerpos Hepatitis B y C, entre otros) y las técnicas de congelamiento y criopreservación. La ventaja de este tipo de injertos es que no presentan morbilidad del sitio donante, no afectando la biomecánica del individuo y en especial del aparato extensor de la rodilla. Dentro de las desventajas se encuentran, como señalamos anteriormente, la baja disponibilidad en nuestro medio, el tiempo mayor requerido para la incorporación dentro de los túneles óseos y el elevado costo.

Para los autores de este artículo, tanto la técnica HTH como la técnica a banda simple por portal anteromedial con STG representan una excelente alternativa para la reconstrucción del LCA, con estabilidad de rodilla adecuada y bajas tasas de fallo (54).

PREVENCIÓN

Como se ha descrito, en general las indicaciones y el manejo de la rotura del LCA en mujeres es igual tanto para hombres como mujeres. Las consideraciones específicas para cada paciente son las mismas y tienen relación al tipo de deporte, necesidad de reintegro rápido, evitar sitios donantes, etc. Sin embargo hay un tema que se discute actualmente que es ajeno a la resolución y tiene que ver con la prevención. Es conocida la deficiencia neuromuscular y propioceptiva que presentan las atletas femeninas (21). Esta deficiencia ha sido motivo de estudio, estimándose que después de la aparición de la pubertad, las atletas no tendrían un balance entre el desarrollo neuromuscular que coincida con el rápido aumento en el crecimiento y desarrollo. La falta de una adaptación neuromuscular natural puede facilitar el desarrollo de los desequilibrios neuromusculares propioceptivos que aumentan el riesgo de lesión de LCA (55). Se proponen modelos que involucran la educación de gestos de la vida diaria, así como optimización del gesto deportivo adecuando este a la anatomía y laxitud ligamentosa. Más específicamente se han diseñado protocolos de educación propioceptiva para ser realizados en atletas femeninos en edades tempranas, esos mismos se utilizan en deportistas de mayor edad en la etapa previa a la competencia y como complemento al entrenamiento específico para cada deporte (6).

DISCUSIÓN

La literatura actual demuestra una incidencia mayor para la población femenina de lesiones del LCA, este análisis descriptivo intenta solventarse en hechos concretos que respondan a esta diferencia. Se identifican factores tanto extrínsecos como intrínsecos, dentro de los que parecieran ser destacables los que tienen relación a la anatomía funcional de la rodilla: la estrechez del surco intercondíleo que lleva a una menor longitud del LCA, la hiperlaxitud, la sobrecarga en valgo y el déficit neu-

romuscular propioceptivo de esta población. Importante es saber que no influye si es deporte de contacto o no, tanto en hombres como mujeres. Nos parece que deben ser motivo de mayor análisis, sin embargo queda claro que, el entrenamiento específico desde edades tempranas de las aptitudes propioceptivas que permita un desarrollo paralelo de ésta con el desarrollo general, tiene evidencia suficiente para ser utilizado en atletas femeninas.

Se ha discutido los aspectos que podrían hacer la diferencia en el manejo de la rotura del LCA en la población femenina, sin embargo en lo que respecta a presentación clínica, indicación quirúrgica y manejo definitivo no existen mayores diferencias con la población masculina. Es importante recalcar que en el proceso de elección del tipo de reconstrucción y el injerto a utilizar, existen aspectos que tienen que ver con la anatomía del paciente, el deporte que éste practica y la demanda mecánica que ésta actividad le solicitará al injerto influyendo en la elección y que son similares en ambas poblaciones. Consideramos que un autoinjerto o aloinjerto en posición anatómica a través de técnica unibanda por portal anteromedial reproduciría de manera más fisiológica el LCA insuficiente, pero tenemos claro que falta evidencia que evalúe la evolución a largo plazo y que sustente esa conducta. Al igual que en hombre, si se pretende evitar la morbilidad del sitio

donante para una reincorporación deportiva precoz, se podría optar por un aloinjerto, sabiendo que en la actualidad es una alternativa muy segura.

Parece interesante que los esfuerzos apunten a la mejora de las capacidades propioceptivas que fueron identificadas como tales por los estudios, eso implica reconocerlas y aplicarlas en nuestras deportistas con el objetivo de disminuir esta incidencia elevada de lesiones del LCA. La aplicación de protocolos que optimicen las capacidades neuromusculares y propioceptivas, deben ser aplicados a todas las mujeres que realicen deportes con o sin contacto.

CONCLUSIONES

La rotura del LCA tiene mayor incidencia en mujeres, los factores que se asocian a las deficiencias propioceptivas apuntan a ser los más relevantes en esta diferencia. Tanto el diagnóstico, manejo y rehabilitación son similares en los atletas femeninos y masculinos. Los detalles del manejo quirúrgico específico para cada paciente son similares en ambas poblaciones. Los esfuerzos deben apuntar a prevenir las lesiones, y en ese ámbito los ejercicios de entrenamiento propioceptivo tienen evidencia suficiente para masificar su uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. D.E. Gwinn, J H Wilckens, E R McDevitt, G Ross, T C Kao, The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy *The American Journal of Sports Medicine* 2000 vol. 28 (1) pp. 98-102.
2. P.F. Hill, The Influence of Supplementary Tibial Fixation on Laxity Measurements After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Hamstring Tendons in Female Patients, *The American Journal of Sports Medicine*, 2005 vol. 33 (1) pp. 94-101.
3. G.D. Myer, K. R Ford, M. V Paterno, T. G Nick, T. E Hewett, The Effects of Generalized Joint Laxity on Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury in Young Female Athletes, *The American Journal of Sports Medicine*, 2008 vol. 36 (6) pp. 1073-1080.
4. F. A Wentorf, K Sudoh, C Moses, E. A Arendt, C. S Carlson, The Effects of Estrogen on Material and Mechanical Properties of the Intra- and Extra-articular Knee Structures, *The American Journal of Sports Medicine*, 2006 vol. 34 (12) pp. 1948-195.
5. E Ageberg, M Forssblad, P Herbertsson, E. M Roos, Sex Differences in Patient-Reported Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Data From the Swedish Knee Ligament Register, *The American Journal of Sports Medicine*, 2010 vol. 38 (7) pp. 1334-1342.
6. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynon B, Fukubayashi T, Garrett W, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*. 2008 Jun;42(6):394-412.
7. McLean SG, Myers PT, Neal RJ, Walters MR. A quantitative analysis of knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver. Implications for non-contact anterior cruciate ligament injury. *Bull Hosp Jt Dis*. 1998;57(1):30-8.
8. Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000 Jun;23(6):573-8.
9. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med*. 2004 Jun;32(4):1002-12.
10. McLean SG, Neal RJ, Myers PT, Walters MR. Knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver: potential for injury in women. *Med Sci Sports Exerc*. 1999 Jul;31(7):959-68.
11. Wojtyś EM, Kothari SU, Huston LJ. Anterior cruciate ligament functional brace use in sports. *Am J Sports Med*. 1996 Jul-Aug;24(4):539-46.
12. Dowling AV, Corazza S, Chaudhari AM, Andriacchi TP. Shoe-surface friction influences movement strategies during a sidestep cutting task: implications for anterior cruciate ligament injury risk. *Am J Sports Med*. 2010 Mar;38(3):478-85.
13. Wahl CJ, Westermann RW, Blaisdell GY, Cizik AM. An association of lateral knee sagittal anatomic factors with non-contact ACL injury: sex or

geometry? *J Bone Joint Surg Am.* 2012 Feb 1;94(3):217-26.

14. Moul JL. Differences in Selected Predictors of Anterior Cruciate Ligament Tears Between Male and Female NCAA Division I Collegiate Basketball Players. *J Athl Train.* 1998 Apr;33(2):118-21.
15. Beutler A, de la Motte S, Marshall S, Padua D, Boden B. Muscle strength and qualitative jump-landing differences in male and female military cadets: the jump acl study. *J Sports Sci Med.* 2009;8:663-671.
16. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, St Pierre P, Taylor DC. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med.* 2003 Nov-Dec;31(6):831-42.
17. Shelbourne KD, Davis TJ, Klootwyk TE. The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1998 May-Jun;26(3):402-8.
18. Boden BP, Griffin LY, Garrett WE Jr. Etiology and Prevention of Noncontact ACL Injury. *PhysSportsmed.* 2000 Apr;28(4):53-60.
19. Rosene JM, Fogarty TD. Anterior tibial translation in collegiate athletes with normal anterior cruciate ligament integrity. *J Athl Train.* 1999 Apr;34(2):93-8.
20. Möller-Nielsen J, Hammar M. Women's soccer injuries in relation to the menstrual cycle and oral contraceptive use. *Med Sci Sports Exerc.* 1989 Apr;21(2):126-9.
21. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492-501
22. T. E Hewett, Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors, *The American Journal of Sports Medicine*, 2006 vol. 34 (2) pp. 299-311.
23. T. E Hewett, Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 2, A Meta-analysis of Neuromuscular Interventions Aimed at Injury Prevention, *The American Journal of Sports Medicine*, 2005 vol. 34 (3) pp. 490-498.
24. B.-O Lim, Y. S Lee, J. G Kim, Effects of Sports Injury Prevention Training on the Biomechanical Risk Factors of Anterior Cruciate Ligament Injury in High School Female Basketball Players, *The American Journal of Sports Medicine*, 2009 vol. 37 (9) pp. 1728-1734.
25. Noyes FR, Bassett RW, Grood ES, Butler DL. Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee. Incidence of anterior cruciate tears and other injuries. *J Bone Joint Surg Am.* Jul 1980;62(5):687-95, 757.
26. Klass D, Toms AP, Greenwood R, Hopgood P. MR imaging of acute anterior cruciate ligament injuries. *Knee.* 2007 Oct;14(5):339-47.
27. McCarroll JR, Shelbourne KD, Patel DV. Anterior cruciate ligament injuries in young athletes. Recommendations for treatment and rehabilitation. *Sports Med.* 1995 Aug;20(2):117-27.
28. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, DeCarlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* 1991 Jul-Aug;19(4):332-6.
29. Cross MJ, Wootton JR, Bokor DJ, Sorrenti SJ. Acute repair of injury to the anterior cruciate ligament. A long-term followup. *Am J Sports Med.* 1993 Jan-Feb;21(1):128-31.
30. Denti M, Lo Vetere D, Bandi M, Volpi P. Comparative evaluation of knee stability following reconstruction of the anterior cruciate ligament with the bone-patellar tendon-bone and the double semitendinosus-gracilis methods: 1- and 2-year prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14: 637-640.
31. Zaffagnini S, Marcacci M, Lo Presti M, Giordano G, Iacono F. Prospective and randomized evaluation of ACL reconstruction with three techniques: a clinical and radiographic evaluation at 5 years follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14:1060-1069.
32. Yagi M, Wong, EK, Kanamori A, et al. Biomechanical Analysis of anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2002;30:660-666.
33. E. Monaco L, Labianca F, Conteduca A, De Carli, A, Ferretti, Double bundle or single bundle plus extraarticular tenodesis in ACL reconstruction?. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15:1168-1174.
34. Streich NA, Friedrich K, Gotterbarm T, Schmitt H. Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008; 16:232-238.
35. Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 1. *Am J Sports Med* 2005;33:1579-602.
36. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med* 1994;22:632-44.
37. Ibrahim SAR, Al-Kussary IM, Al-Misfer ARK, Al-Mutairi HQ, Ghafar SA, El Noor TA. Clinical evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus gracilis and semitendinosus autograft. *Arthroscopy* 2005;21:412-7.
38. Herzmark MH: The evolution of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am* 20-A:77, 1938.
39. Bedi A, Altchek DW. The "footprint" anterior cruciate ligament technique: an anatomic approach to anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2009 Oct;25(10):1128-38. Epub 2009 Aug 22. Review. PubMed PMID: 19801292.
40. Pinczewski LA, Clingeleffer AJ, Corry IS, Webb JM. A comparison of endoscopic ACL reconstruction using patellar tendon autograft and hamstring tendon autograft at 2 years. *J Am Acad Orthop Surg* 1997;13:385-386.
41. O'Neill DB. Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament: A prospective randomized analysis of three techniques. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:803-813.
42. Nakamura N, Horibe S, Sasaki S, et al. Evaluation of active knee flexion and hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendons. *Arthroscopy.* 2002;18: 598-602.
43. Simonds RJ, Holmberg SD, Hurwitz RL, et al. Transmission of human immunodeficiency virus type 1 from a seronegative organ and tissue donor. *N Engl J Med.* 1992;326:726-732.
44. Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, et al: Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med* 2003;31:2-11.
45. Beasley LS, Weiland DE, Vidal AF, Chhabra A, et al. Anterior cruciate

ligament reconstruction: A literature review of the anatomy, biomechanics, surgical considerations, and clinical outcomes. *Oper Tech in Orthopaedics* 2005;15 (1): 5-19.

46. Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1994;22:211-217.

47. Corry SI, Jonathan WM, Clingeffer JA, Pinczewski LA. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament: A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med* 1999;27:444-454.

48. Otero AL, Hutcheson LA. A comparison of the doubled semitendinosus gracilis and central third of the patellar tendon autografts in arthroscopic anterior cruciate reconstruction. *Arthroscopy* 1993;9:143-148.

49. Yasuda K, Tsujino J, Ohkoshi Y, et al. Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med* 1995;23:706-714.

50. Rosenberg TD, Franklin JL, Baldwin GN, et al. Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1992;20:519-526.

51. Lephart SM, Kocher MS, Harner CD, et al. Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1993;21:738-743.

52. Marzo JM, Waren RF. Results of treatment of anterior cruciate ligament injury: changing perspectives. *Adv Orthop Surg*. 1991;15: 59-69.

53. Simonds RJ, Holmberg SD, Hurwitz RL, et al. Transmission of human immunodeficiency virus type 1 from a seronegative organ and tissue donor. *N Engl J Med*. 1992;326:726-732.

54. Gobbi A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective clinical investigation in athletes. *Arthroscopy* 2003; 19: 6. 592-601.

55. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. *J Athl Train*. 2004 Dec;39(4):352-364.

Los autores declaran no tener conflictos de interés, en relación a este artículo.