



Determinación predictiva del diámetro del injerto semitendinoso y recto interno por IRM para la reconstrucción del LCA

Dr. Guillermo Allende, Dr. Mauro Minig,
Dr. Pablo Narbona, Dr. Silvio Marchegiani

RESUMEN: **Introducción:** Existen variabilidad en el tamaño del injerto. No hay estudios que evalúen el tamaño de los tendones semitendinoso (ST) y recto interno (RI) por imágenes de resonancia magnética (IRM) **Objetivo:** Determinar si la IRM puede predecir el diámetro del injerto de ST-RI antes de ser extraídos. **Diseño del estudio:** Estudio transversal. Evidencia diagnóstica nivel III. **Material y Métodos:** Se evaluaron en 11 pacientes la relación entre el diámetro del los injertos en cirugía y en IRM con reconstrucción multiplanar. Se tomó como parámetro en cirugía el diámetro del injerto ST-RI cuádruple, el diámetro en el sitio más grueso (DiM) y a nivel de la distancia medida desde la tenotomía distal hasta la interlinea articular (IA) de cada tendón; en la IRM se registró DiM, IA y el promedio del eje mayor con el eje menor de cada tendón en el trayecto donde se observó más cilíndrico y libre de adherencias (PE). **Resultados:** No se obtuvo correlación estadísticamente significativa para el tendón ST. La correlación más alta del RI fue DiM (Pearson $r= 0,871$, IC= [0,568] - [0,966]). La suma del PE de cada tendón no presentó diferencias estadísticamente significativas con la medición del diámetro del injerto ST-RI (t test, $p= 0,1184$) con una correlación de Pearson $r= 0,8036$, IC= [0,393] - [0,947]. **Conclusión:** La IRM nuclear es un método predictivo del diámetro del injerto ST-RI con potencial utilidad en la planificación preoperatoria de la reconstrucción ligamentaria y en la realización de estudios demográficos.

SUMMARY: **Introduction;** Sizes of tendon grafts varies among individuals, and there are no studies that evaluate the sizes of Semitendinosus (ST) and Gracilis (Gr) tendons, by images with MRI. **Objective;** the purpose of the present study is to evaluate if the MRI can predict the diameter of the ST and Gr tendons before they are harvested. **Study design;** Transversal, Level of evidence III **Materials;** Intraoperative graft diameter and MRI images with multiplanar reconstruction were evaluated in 11 patients. The diameter of four strand ST-Gr was measured intra-op as a parameter, the diameter in the widest part (DiM), and at the level of the distance measured from the distal tenotomy to the intrarticular line (IA), of each tendon harvested. With MRI, DiM, IA, and a mean between the long and short axis of the axial view where the tendons were observed the most cylindrical and free of adhesions (PE) **Results;** There was no correlation statistically significant for the ST tendon. The highest correlation for the Gr tendon was the DiM (Pearson $r= 0,871$, CI= [0,568] - [0,966]). The PE of each tendon didn't show differences statistically significant when compared to the graft diameter ST-Gr intra-op. (t test, $p= 0,1184$) with a Pearson correlation: $r= 0,8036$, IC= [0,393] - [0,947]. **Conclusion;** MRI can predict St-Gr graft diameter preoperatively, in order to accurately plan surgical ligament reconstructions, and can be useful for demographic studies.

■ INTRODUCCION

El ligamento cruzado anterior es el principal limitador de la traslación anterior de la rodilla (1). Su ruptura produce sensación de inestabilidad durante la vida diaria y las actividades deportivas de los pacientes (2,4). Así mismo, también puede ocasionar un aumento del riesgo de lesión meniscal (4,5) y desgaste articular (6,8). Tiene una incidencia de

0,38 por cada 1000 habitantes anualmente (9).

Una de las principales controversias en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior es el tipo de injerto. La elección depende de varios factores como la edad, la actividad diaria y deportiva, dolor femoropatelar y la preferencia del cirujano.

La utilización de los tendones semitendinoso y recto interno no ha mostrado diferencias estadísticamente significativas con respecto a otros tipos de injerto en el retorno a las actividades pre-lesión (10,12,14), sin embargo posee la ventaja de tener menor morbilidad del sitio dador. (13,14)

Se recomienda que el injerto semitendinoso-recto interno debe tener al menos 7mm (15). Si bien no

Dr. Allende Guillermo, Dr. Minig Mauro, Dr. Narbona Pablo
Dr. Marchegiani Silvio
Sanatorio Allende, Cordoba, Argentina.

hay datos que demuestren que la falla en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior esté relacionada con el tipo de injerto (14) existe variabilidad en el tamaño del injerto en el momento de la toma (16, 17); alcanzando hasta un 15% los injertos con un diámetro inferior a 7mm (18). En algunas ocasiones, el cirujano puede no estar conforme y desear conocer el tamaño preoperatorio.

La imagen por resonancia magnética (IRM) de rodilla posee una alta precisión diagnóstica para la lesión del ligamento cruzado anterior con una sensibilidad de 90-95% y una especificidad de 95-100% (19,22). Sin embargo no hay estudios que evalúen la utilidad de la IRM para determinar el tamaño de los tendones recto interno y semitendinoso.

El objetivo de este estudio es determinar si la IRM puede predecir el diámetro del injerto de semitendinoso y recto interno antes de ser extraídos.

■ MATERIAL Y METODO

Se diseñó un estudio transversal con evidencia diagnóstica nivel III.

Entre Junio de 2008 y Octubre de 2008 se realizaron 62 reconstrucciones de ligamento cruzado anterior en el departamento de cirugía de rodilla del Servicio de Ortopedia y Traumatología del Sanatorio Allende. Once pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión fueron evaluadas.

Se incluyeron pacientes entre 18 y 45 años, a quienes se le realizó una reconstrucción de ligamento cruzado anterior con injerto semitendinoso y recto interno, con una IRM pre-operatoria realizada en Sanatorio Allende, y con la historia clínica completa. Se excluyeron IRM sin corte axial en T1.

Se registró de cada paciente datos demográficos, mediciones de injerto semitendinoso y recto interno por IRM e intra-operatoria (realizados por un mismo observador).

Se le realizó a todos los pacientes una IRM el mismo día de la cirugía.

La toma de injerto semitendinoso y recto interno fue realizada por dos cirujanos artroscopistas. Se realizó una incisión de aproximadamente 3cm en cara antero-medial de la tibia a nivel de la pata de ganso. Se divulgó tejido celular subcutáneo, se abrió fascia de la pata de ganso, se identificó tendón semitendinoso y recto interno, se realizó un punto jalón a cada tendón, se liberaron adherencias, se tomó injertos con un stripper de ojal cerrado. Se midió la distancia desde la tenotomía distal hasta la interlinea articular con una regla milimetrada.

Los tendones fueron preparados eliminando restos de adherencias, músculo y membrana peri-tendón no unida completamente. Se registró de cada tendón la longitud y el diámetro mínimo por el cual pasó doblándolo a donde macroscópicamente era más grueso y a nivel de la distancia medida tenotomía distal-interlinea articular. Se registró el diámetro mínimo por el cual pasaron ambos tendones cruzados longitudinalmente y paralelos formando un injerto de 4 haces doblados a la mitad del tendón más corto en longitud (Fig 1). Todas las mediciones del diámetro fueron realizadas con misma regla milimetrada (Fig 2)

La IRM se generó con un equipo Phillips Intera de 1,5 T para la realizar cortes de imágenes en secuencia T1 SE y orientación axial, con supresión grasa, un tiempo de repetición de 698ms, un tiempo de eco de 15ms, con un grosor de corte de 3mm, un campo de visión de 160 mm y una matriz de 256x512.

Las mediciones por IRM fueron realizadas con reconstrucción multiplanar volumétrica utilizando el corte axial tangencial al tendón en todo su longitud en el plano coronal y sagital (Fig 3 y 4). Se registró el área transversal más grande y la ubicada a nivel de la línea inter-articular. Se registró también el promedio del eje mayor con el eje menor de cada tendón en el trayecto donde se observó más cilíndrico y libre de adherencias.

El t-Test fue usado para determinar si la diferencias entre los grupos era significativa ($p < 0,05$) y el coeficiente de correlación de Pearson para describir la asociación entre las variables. El análisis estadístico fue realizado utilizando el programa WINKS SDA 6.0.5



Figura 1: Ambos tendones cruzados longitudinalmente y paralelos formando un injerto de 4 haces doblados a la mitad del tendón más corto en longitud

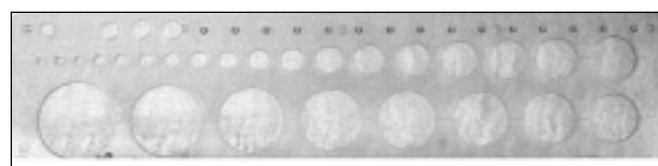


Figura 2: Regla milimetrada con intervalos de 0,5mm

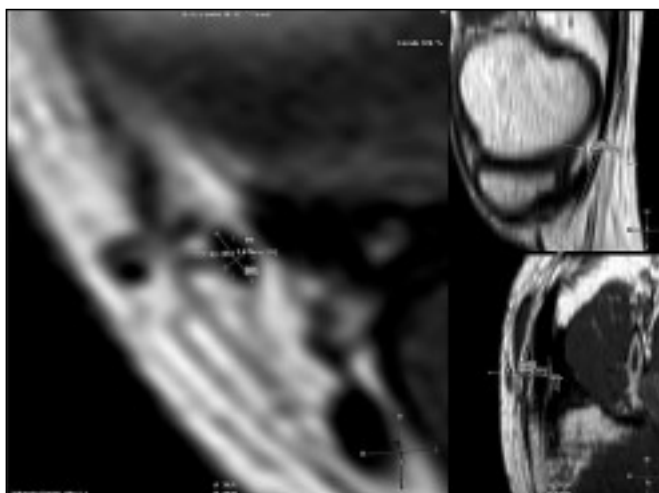


Figura 3: Medición del eje mayor y eje menor del tendón recto interno con programa de reconstrucción multiplanar (MPR)

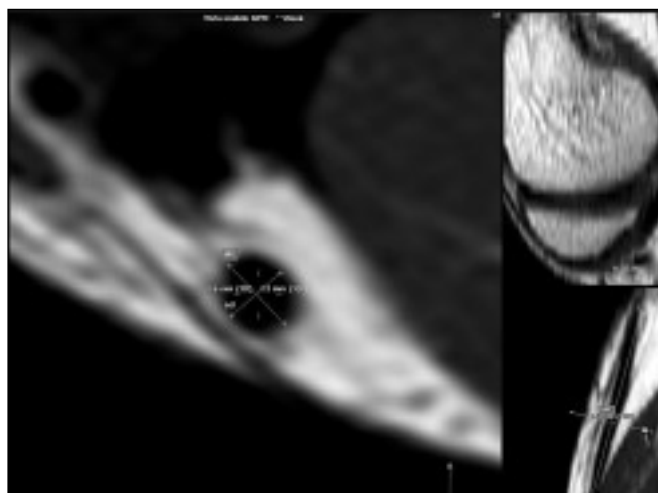


Figura 4: Medición del eje mayor y eje menor del tendón semitendinoso con programa de reconstrucción multiplanar (MPR)

■ RESULTADOS

Nueve pacientes (81 %) fueron de sexo masculino mientras que los restantes 2 fueron femeninas (19 %). La edad media de los pacientes fue 29.1 años (rango 21 a 42 años). La altura media (rango) fue 172 cm (161 a 178 cm). El peso medio (rango) de los pacientes fue 73.8 kg (62–95Kg). El tiempo medio (rango) entre la ruptura del ligamento cruzado anterior y la cirugía fue de 27 semanas (90 a 5 semanas).

La correlación entre las mediciones en cirugía y la resonancia magnética nuclear es resumida en las Tablas 1 y 2.

Medición tendón semitendinoso

El promedio del diámetro en cirugía del tendón semitendinoso fue de 5,13mm ($\pm 0,45$). El área del tendón en IRM varió entre 10,95mm² y 14,95mm² (promedio 12,98 \pm 1,21mm²), y el área

en cirugía varió entre 15,90mm² y 25,90mm² (promedio 20,85 \pm 3,61mm²). El área en la IRM fue significativamente más pequeña que el área medida en cirugía (t test, $p < 0,001$).

No se obtuvo una correlación estadísticamente

Tabla 2: Correlación entre el diámetro del injerto semitendinoso – recto interno en cirugía con las mediciones en la resonancia magnética nuclear

	STRI (CX)
RMN	Pearson r
	(IC 95%)
Inter-línea Articular (IA)	0,236 ([-0,424] - [0,732])
Diámetro Mayor (DiM)	0,2877 ([-0,377] - [0,757])
Promedio IA - DiM (P-IADiM)	0,3279 ([-0,339] - [0,775])
Promedio de Eje> y Eje< (PE)	0,8036 ([0,393] - [0,947])

Tabla 1: Correlación entre el área de cada tendón y la suma de ambos en cirugía con el área de cada tendón y la suma de ambos en la resonancia magnética nuclear

	ST	RI	STRI
	Pearson r	Pearson r	Pearson r
	(IC 95%)	(IC 95%)	(IC 95%)
Interlínea Articular (IA)	0,5744 ([-0,039] - [0,873])	0,6936 ([0,160] - [0,913])	0,5544 ([-0,068] - [0,866])
Diámetro Mayor (DiM)	0,1363 ([-0,505] - [0,681])	0,8638 ([0,548] - [0,964])	0,2326 ([-0,427] - [0,731])
Promedio IA - DiM (P-IADiM)	0,5947 ([-0,008] - [0,880])	0,8149 ([0,421] - [0,950])	0,5853 ([-0,022] - [0,877])
P-IADiM / EJE* (PE)	0,5334 ([-0,098] - [0,859])	0,4823 ([0,165] - [0,839])	0,5287 ([-0,104] - [0,857])

*Promedio de P-IADiM en cirugía correlacionado con el promedio del eje mayor y menor en corte axial RMN

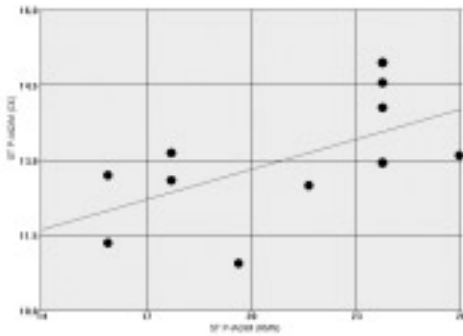


Gráfico 1: Correlación Pearson del tendón semitendinoso entre el área promedio del diámetro a nivel intra-articular y a nivel del mayor diámetro en cirugía (ST P-IADiM-CX) con el de resonancia magnética nuclear (ST P-IADiM-RMN)

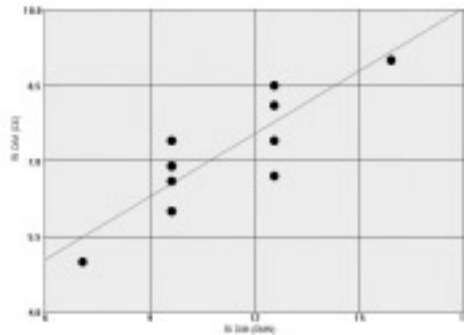


Gráfico 2: Correlación Pearson del tendón recto interno entre el área del diámetro mayor en cirugía (RI DiM-CX) con el de la resonancia magnética nuclear (RI DiM-RMN)

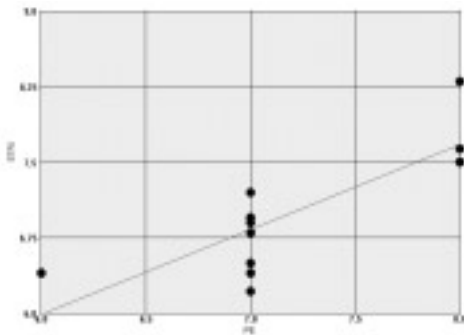


Gráfico 3: Correlación Pearson entre el diámetro del injerto semitendinoso – recto interno (STRI) en cirugía y la suma del promedio del eje mayor con el eje menor de cada tendón en la resonancia magnética nuclear (PE)

significativa; la correlación más alta fue el promedio del diámetro a nivel de la línea inter-articular y el diámetro mayor (Pearson $r = 0,5947$, IC= [0,008] - [0,880], Gráfico 1)

Medición tendón recto interno

El promedio del diámetro en cirugía del tendón recto interno fue de 3,61mm ($\pm 0,30$). El área del tendón en IRM varió entre 5,37mm² y 8,55mm² (promedio 6,76 $\pm 0,82$ mm²), y el área en cirugía varió entre 9,62mm² y 11,04mm² (promedio 10,31 $\pm 1,75$ mm²). El área en la IRM fue significativamente más pequeña que el área medida en cirugía (t test, $p < 0,001$).

La correlación más alta se obtuvo de la medición del diámetro mayor (Pearson $r = 0,8638$, IC= [0,548] - [0,964], Gráfico 2)

Medición del injerto semitendinoso–recto interno

La suma del promedio del eje mayor con el eje menor de cada tendón en la IRM varió entre 6,22mm y 8,30mm (promedio 6,98 $\pm 0,63$ mm), y el diámetro del injerto en cirugía varió entre 6,00mm y 8,00mm (promedio 7,18 $\pm 0,60$ mm²). No se observó diferencias entre las mediciones en resonancia magnética nuclear y las realizadas en cirugía (t test, $p = 0,1184$).

La correlación más alta se obtuvo de la medición del promedio del eje mayor y eje menor en las imágenes axiales de IRM con el diámetro del injerto semitendinoso–recto interno. (Pearson $r = 0,8036$, IC= [0,393] - [0,947], Gráfico 3)

DISCUSION

Este estudio demuestra que la IRM es capaz de predecir el diámetro del injerto semitendinoso-recto interno antes de ser extraídos para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

El método más sencillo y con mayor concordancia fue la suma del promedio del eje mayor con el eje menor de cada tendón en la IRM. Según nuestro conocimiento, este es el primer reporte que utiliza este método para predecir el diámetro del injerto semitendinoso-recto interno cuádruple. Este método puede ser útil para contribuir en la elección del tipo de injerto para la reconstrucción del ligamento cruzado o posterior. Yasumoto y col (23) evaluaron el área del tendón semitendinoso con tomografía axial computada 3D sin obtener concordancia y sin evaluar el tendón recto interno. Hamada y col (24) también lo hicieron solo con el tendón semitendinoso pero con IRM obteniendo correlación con el área medida durante la cirugía. Brent A. y col (18) determinaron que un área transversal del semitendinoso en IRM superior a 18mm² se correlacionaba con un 88% de probabilidad de obtener un injerto semitendinoso-recto-interno superior a 7mm. Nuestro estudio no obtuvo correlación entre las áreas medidas durante la cirugía (IA, DiM o P-IADiM) y las realizadas en la IRM para el tendón semitendinoso. Creemos que esto se puede deber a que es un tendón que posee muchas adherencias y de ubicación variable.

No obstante obtuvimos muy buena concordancia entre las áreas medidas en cirugía (IA, DiM o P-IADiM) y las realizadas en la IRM para el tendón recto interno. Consideramos importante este método debido a que en nuestras reconstrucciones

nes de ligamento cruzado anterior previas a la realización de este estudio, existió la impresión subjetiva de que los injertos cuádruples de un diámetro menor a 7mm se debieron a un escaso diámetro del tendón recto interno. Sin embargo, no fue el objetivo de este estudio determinar dicha relación y no existe evidencia hasta la actualidad que lo demuestre.

La utilización de un método no invasivo para determinar el diámetro de un tipo de injerto con una gran concordancia con el tamaño real puede permitir no solo realizar cálculos preoperatorios, sino también, hacer estudios demográficos evaluando otras variables como el peso, talla, índice de masa corporal, y edad. Su principal objetivo sería la elección del paciente ideal. (25, 27)

En comparación con la tomografía computada 3D y la ecografía, la IRM posee la ventaja de ser más precisa en el diagnóstico de lesiones de partes blandas y de ser un método incluido habitualmente en el algoritmo diagnóstico para lesión de ligamento cruzado anterior y de lesiones asociadas.

Si bien una de las principales limitaciones del estudio fue el número de pacientes estudiadas, los resultados alcanzaron diferencias estadísticamente significativas. Otro límite del estudio fue que no registró el tiempo para la medición de cada variable en la IRM ni la se determinó la correlación de la longitud de los tendones.

En resumen, IRM es un método predictivo del diámetro del injerto semitendinoso-recto interno con potencial utilidad en la planificación preoperatoria de la reconstrucción ligamentaria y en la realización de estudios demográficos.

■ BIBLIOGRAFIA

1. Fu, F.H., Harner, C.D., Jhonson, D.L. Biomechanics of the ligaments: Basic concepts and clinical application. *Instr Course Lecture* 43, 137-148
2. Arnold JA, Coker TP, Heaton LM, Park JP, Harris WD. Natural history of anterior cruciate tears. *Am J Sports Med.* 1979;7:305-313.
3. Feagin JA, Curl WW. Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5 year follow-up study. *Am J Sports Med.* 1976;4:95-100.
4. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Butler DL. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee, part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65:154-162
5. McDaniel WJ Jr, Dameron TB Jr. Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament: a follow-up study. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62:696-705.
6. Fetto JF, Marshall JL. The natural history and diagnosis of anterior cruciate insufficiency. *Clin Orthop.* 1980;147:29-38.
7. Hawkins R, Misamore G, Merritt T. Follow up of the acute nonoperated isolated anterior cruciate ligament tear. *Am J Sports Med.* 1986;14:205-210.
8. Sherman MF, Warren RF, Marshall JL, Savatsky GJ. A clinical and radiographical analysis of 127 anterior cruciate insufficient knees. *Clin Orthop.* 1988;227:229-237.
9. Miyasaka KC, Daniel DM, Shore ML, Hirsham P. The incidence of knee ligament injuries in the general population. *Am J Knee Surg.* 1991;4:3-8.
10. Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2003;31:564-573.
11. Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR Jr. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med.* 2003;31:2-11.
12. Laxdal G, Kartus J, Hansson L, Heidvall M, Ejerhed L, Karlsson J. A prospective randomized comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2005;21:34-42.
13. Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz PJ, Nizard RS. Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis. *BMJ.* 2006;332:995-1001
14. Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med.* 2004 Dec;32(8):1986-95
15. Hamada M, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Toritsuka Y, Nakamura N. Changes in cross sectional area of hamstring anterior cruciate ligament grafts as a function of time following transplantation. *Arthroscopy* 2005;21:917-922
16. Pagnani MJ, Warner JJP, O'Brien SJ, Warren RF. Anatomic considerations in harvesting the semitendinosus and gracilis tendons and technique of harvest. *Am J Sports Med* 1993;21: 565-571
17. Maeda A, Shino K, Horibe S, Nakata K, Buccafusca G. Anterior cruciate ligament reconstruction with multistranded autogenous semitendinosus tendon. *Am J Sports Med* 1996;24:504-509
18. Bickel BA, Fowler TT, Mowbray JG, Adler B, Klingele K, Phillips G. Preoperative magnetic resonance imaging cross-sectional area for the measurement of hamstring autograft diameter for reconstruction of the adolescent anterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2008 Dec;24(12):1336-41
19. Moore S. Imaging the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am* 2002;33:663-74.
20. Vahey TN, Meyer SF, Shelbourne KD, Klootwyk

- TE. MR imaging of anterior cruciate ligament injuries. *Magn Reson Imaging Clin N Am* Aug 1994; 2(3):365-80.
21. Tsai K-J, Chiang H, Jiang C-C. Magnetic resonance imaging of anterior cruciate ligament rupture. *BMC Musculoskelet Disord* 2004;5:21-6.
22. Fayad LM, Parellada JA, Parker L, Schweitzer ME. MR imaging of anterior cruciate ligament tears: is there a gender gap? *Skeletal Radiol* 2003;32:639-46
23. Yasumoto M, Deie M, Sunagawa T, Adachi N, Kobayashi K, Ochi M. Predictive value of preoperative 3-dimensional computer tomography measurement of semitendinosus tendon harvested for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2006 Mar;22(3):259-64.
24. Hamada M, Shino K, Mitsuoka T, Abe N, Horibe S. Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1998 Oct;14(7):696-701
25. Tuman JM, Diduch DR, Rubino LJ, Baumfeld JA, Nguyen HS, Hart JM. Predictors for hamstring graft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2007 Nov;35(11):1945-9
26. Treme G, Diduch DR, Billante MJ, Miller MD, Hart JM. Hamstring graft size prediction: a prospective clinical evaluation. *Am J Sports Med*. 2008 Nov;36(11):2204-9.
27. Schwartzberg R, Burkhart B, Lariviere C. Prediction of hamstring tendon autograft diameter and length for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Orthop*. 2008 Mar;37(3):157-9