

Artículo original

Evaluación isocinética postreconstrucción de ligamento cruzado anterior: comparación de dos técnicas

David Figueroa Poblete,* Patricio Meleán Quiroga,** Rafael Calvo Rodríguez,** Alex Vaisman Burucker,** Francisco Figueroa Berrios,** Claudia Calvo Cabiati***

Clínica Alemana de Santiago, Chile.

RESUMEN. El objetivo de este estudio es observar las diferencias en la evaluación isocinética después de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior (LCA) con técnicas hueso – tendón patelar – hueso (HTH) y semitendinoso/gracilis (STG). *Métodos:* Noventa y cinco pacientes con seguimiento mínimo de seis meses, evaluados con dinamómetro Cybex 6000 durante contracción concéntrica a 60°/s. Los déficits de fuerza en flexión y extensión, fuerza torque máximo (PT) en flexión y extensión (Nm) y balance muscular fueron analizados con tablas ANOVA. *Resultados:* Se evaluaron veintisiete pacientes HTH y sesenta y ocho STG. Documentamos una pérdida de fuerza de flexión promedio para HTH 18.82% y 11.05% para STG ($p = 0.056$). Pérdida de fuerza extensión promedio para HTH 24.04% y 17.1% para STG ($p = 0.75$). El balance muscular promedio fue STG 73.4% y 68.6% HTH ($p = 0.961$). *Conclusión:* No existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las evaluaciones isocinéticas en pacientes reconstruidos del LCA con técnicas HTH o STG. Documentamos tendencia a pérdida de fuerza PT de flexión y extensión y balance muscular con predominio flexor después de reconstrucción HTH.

Palabras clave: rodilla, ligamento cruzado anterior, reconstrucción, evaluación, técnica, músculo.

ABSTRACT. The purpose of this study is to detect the differences in the isokinetic assessment after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with the bone-patellar tendon-bone (BTB) and semitendinous/gracilis (STG) techniques. *Methods:* Ninety-five patients with a minimum follow-up of six months were assessed with a Cybex 6000 dynamometer during concentric contraction at 60°/s. The BTB technique was used in 27 patients and the STG technique in 68. The ANOVA and Pearson tables were used to analyze the flexion and extension strength deficit, peak torque (PT) strength in flexion and extension (Nm) and the muscle balance. *Results:* Mean loss of strength in flexion was 18.82% with BTB and 11.05% with STG ($p = 0.04$). Mean loss of strength in extension was 24.04% with BTB and 17.1% with STG ($p = 0.75$). The mean PT strength in flexion was 113.2 Nm (38-203) for BTB and 128.4 Nm (73-219) for STG ($p = 0.603$). The mean PT strength in extension was 187.2 Nm (68-363) for BTB and 194 Nm (107-339) for STG ($p = 0.102$). The mean muscle balance was 73.4% for STG and 68.6% for BTB ($p = 0.961$). *Conclusion:* The flexion strength was more compromised after BTB reconstruction compared to the STG procedure. We documented a trend towards loss of PT strength in flexion and extension and muscle balance with flexor predominance post-BTB reconstruction.

Key words: knee, cruciate anterior ligament, reconstruction, technic, evaluation, muscle.

Nivel de evidencia: II (Act Ortop Mex, 2009)

* Jefe Unidad de Cirugía de Rodilla y Artroscopía, Departamento Traumatología y Ortopedia, Clínica Alemana de Santiago, Chile.

** Estudiante de Medicina.

*** Departamento Kinesioterapia, Clínica Alemana de Santiago, Chile.

Unidad de Cirugía de Rodilla y Artroscopía, Departamento Traumatología y Ortopedia, Clínica Alemana de Santiago y Universidad del Desarrollo de Santiago, Chile.

Dirección para correspondencia:

David Figueroa.

Apoquindo 3990, Of. 401. Las Condes. Santiago, Chile., Tel: (0056) 207 0402, fax: (0056) 207 0407.

Correo: dfigueroa@alemana.cl

Introducción

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones deportivas más frecuentes en la rodilla y el retorno a la actividad deportiva previa después de esta lesión es uno de los principales problemas que enfrentamos en su tratamiento.¹⁻⁵ Después de la reconstrucción, la literatura muestra que los protocolos de rehabilitación acelerada, independiente del tipo de reconstrucción o injerto, son los más utilizados en el postoperatorio, persiguiendo como objetivos alcanzar un rango de movilidad normal precoz, un balance muscular simétrico entre grupos flexores y extensores de la extremidad operada y la contralateral y lograr un adecuado retorno deportivo.^{6,7}

La debilidad de la extremidad operada secundaria es un área de preocupación para el cirujano tratante. Varios estudios han demostrado debilidad significativa en los grupos musculares flexor y extensor de rodilla presente más de seis meses postcirugía en grupos semitendinoso/gracilis (STG) y hueso tendón hueso (HTH),⁸⁻¹⁰ teniendo una implicación directa en relación al retorno deportivo.

La evaluación de la fuerza en grupos flexores y extensores se puede realizar mediante una evaluación isocinética; ésta utiliza un dinamómetro asociado a un sistema computacional que informa la fuerza muscular expresada en porcentajes o en torque máximo (PT), que es el resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia medida en Newtons-Metro (Nm) y el trabajo muscular que en el gráfico registrado en el análisis es el área debajo de la curva del torque realizado en cada ángulo de movimiento (Joules);¹¹ una vez cuantificados estos resultados se puede obtener el porcentaje de déficit de fuerza muscular comparando con el lado sano. El balance muscular representa la relación entre el grupo de músculos flexores y extensores, siendo ésta según Terreri et al., la herramienta más útil para medir la fuerza muscular,¹¹ teniendo normalmente valores que fluctúan entre 50 y 70%, utilizándose 60% como corte para determinar un balance muscular fuerte o débil con predominio extensor o flexor ($> 60\%$ o $< 60\%$).^{12,13}

El equilibrio funcional entre musculatura agonista y antagonista de rodilla es un parámetro importante en el desempeño deportivo de un atleta. Para atletas sometidos a una reconstrucción del LCA, un adecuado balance muscular permite un retorno seguro a las actividades deportivas al contribuir con una adecuada estabilidad articular resultante de la función de los estabilizadores estáticos (anatomía ósea, ligamentos y neoligamentos) y los estabilizadores dinámicos (músculos y tendones).¹¹

El resultado funcional después de una reconstrucción de LCA con técnica HTH o STG se ha estudiado bastante en los últimos años, mostrando diferencias significativas en la interpretación de los resultados clínicos, isocinéticos y de retorno deportivo.¹⁴⁻¹⁸ Existen estudios que informan que la fuerza cuadricepsal promedio sería sólo del 60.8% con injertos HTH al año postoperatorio logrando un 79% a

dos años de la reconstrucción y 83% de fuerza cuadricepsal promedio con injertos STG a dos años del postoperatorio, informando también resolución del déficit de fuerza en ambas técnicas al pasar el tiempo, sin informar un corte de tiempo puntual.¹⁹⁻²³

El objetivo del presente estudio es evaluar retrospectivamente si existen diferencias significativas en los resultados isocinéticos de déficit de fuerza, fuerza en PT (Nm) y balance muscular en flexores y extensores de rodilla, evaluado a los seis meses del postoperatorio, comparando con la extremidad contralateral sana, en dos grupos de pacientes de características similares, operados con técnicas distintas STG y HTH, por el mismo grupo de cirujanos en un período de 4 años (Mayo 2002 hasta Junio 2006), que realizan el mismo programa de rehabilitación acelerada en el postoperatorio (*Tabla I*). Nuestra hipótesis es que el grupo HTH debería presentar mayor compromiso de fuerza en extensores de rodilla comparado con STG. Asimismo, en el grupo STG deberíamos encontrar mayor compromiso de los músculos flexores al comparar con el grupo HTH.

Material y métodos

Se incluyeron noventa y cinco pacientes de características similares, siendo nuestros criterios de inclusión: Rotura aguda traumática de LCA, durante actividad deportiva, sin presencia de lesiones asociadas y operados con técnicas de reconstrucción STG o HTH en un período comprendido entre Mayo 2002 hasta Junio 2006, realizando el mismo programa de rehabilitación acelerada y con un seguimiento mínimo de seis meses postoperatorio; siendo todos evaluados con test isocinético durante contracción muscular concéntrica a 60°/s, utilizando un dinamómetro Cybex 6000 (Lumex Inc., Ronkonkoma, NY) a los seis meses postreconstrucción (*Figura 1*). Diversos estudios isocinéticos han mostrado que a 60°/s se logra el mayor reclutamiento de fibras musculares a ser evaluadas, resultando ser la velocidad más representativa de la actividad muscular de un segmento anatómico.^{2,10,11}

Los balances musculares se designaron como normales si el valor obtenido era mayor al 60% y débil si el valor era menor al 60%, con predominio de grupos flexores *versus* extensores de rodilla en grupo STG y grupos extensores *versus* flexores de rodilla en grupo HTH.

Los resultados se registraron en una base de datos, documentando el déficit de fuerza de flexión y extensión expresadas en porcentajes, fuerza de PT flexora o extensora expresada en Newtons-Metro (Nm) y balance muscular expresado en porcentaje evaluando predominio extensor y flexor, comparando con el lado sano de grupos HTH y STG.

Todos los pacientes incluidos en el presente estudio fueron reconstruidos por dos cirujanos de rodilla en la misma institución. Cabe destacar nuevamente que nuestro grupo ocupó la técnica de reconstrucción de LCA hueso – tendón patelar – hueso como de elección por un período

Tabla 1. Protocolo de rehabilitación acelerado postreconstrucción de LCA.

	POP inmediato	Primer día POP	Primera semana POP	Tercera semana POP	Cuarta semana POP	Segundo mes POP	Tercer o cuarto mes POP
Movilidad	0 a 40° en MPC	0 a 40° en MPC	0 a 90°	Completa	Completa	Completa	Completa
Deambulaci3n	–	Asistida (2 bastones)	Asistida (2 bastones)	Asistida (1 bast3n)	Libre	Libre	Libre
Kinesioterapia	–	Isom3tricos cuadriceps	ROM libre Movilizaci3n patelar TENS Crioterapia	ROM libre Movilizaci3n patelar Fortalecimiento cuadriceps TENS Crioterapia	ROM libre Movilizaci3n patelar Fortalecimiento cuadriceps TENS Crioterapia	– – – – –	– – – – –
Gimnasio	–	–	–	–	Bicicleta estacionaria Caminata en cinta	Bicicleta estacionaria Caminata en cinta Trabajo con pesas	– – –
Deportes	–	–	–	–	Nataci3n	Nataci3n Trote suave	Retorno deportivo

POP: Postoperatorio. MPC: Movilizaci3n pasiva continua. ROM: Rango de movilidad. TENS: Electro estimulaci3n neurol3gica transcut3nea.



Figura 1. Observamos el desarrollo de una evaluaci3n isocin3tica Cybex 6000 en un paciente reconstruido del LCA derecho. Movimientos de flexi3n y extensi3n de rodilla, realizados de manera c3clica y repetitiva se registran en relaci3n a distintos grados de resistencia ofrecidos por la m3quina, documentando los cambios en Newtons a trav3s de una computadora.

comprendido entre los a3os 2002 y 2003, donde en relaci3n a la evidencia aportada por distintos estudios escogimos la t3cnica STG, ocup3ndola como de elecci3n en nuestros pacientes desde el a3o 2004.

Se realiz3 un an3lisis estadística utilizando tablas de an3lisis de varianza (ANOVA).

Resultados

Veintisiete (27) pacientes fueron operados con t3cnica HTH y sesenta y ocho (68) con t3cnica STG. El promedio de edad fue de 27.7 a3os (rango 17-45 y moda 19 a3os) para el grupo HTH y 26.9 a3os (rango 13-48 y moda 17 a3os) para el grupo STG, sin presentar diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$). El 57% de las rodillas fueron derechas y el 43% izquierdas.

De los 27 pacientes HTH, 24 fueron varones (89%) y 3 mujeres (11%). De los 68 pacientes STG, 55 fueron varones (81%) y 13 mujeres (19%); no se documentaron diferencias significativas de g3nero entre las diferentes t3nicas ($p < 0.05$). En todos los casos se realizaron las evaluaciones isocin3ticas a los seis meses del postoperatorio.

El d3ficit de fuerza de flexi3n promedio fue de 18.82% (0 – 37) para el grupo HTH y 11.05% (1 – 29) para el grupo STG ($p = 0.056$). El d3ficit de fuerza de extensi3n promedio fue de 24.04% (0 – 62) para el grupo HTH y 17.1% (3 – 32) para el grupo STG ($p = 0.75$).

Agrupando la muestra seg3n porcentaje deficitario:

- En el grupo HTH, 65% de los pacientes present3 un d3ficit extensor menor a 10%, 26% d3ficit extensor entre 10 y 20% y 9% con un d3ficit extensor mayor a 20%.
- En el grupo STG, 52% de los pacientes present3 un d3ficit flexor menor a 10%, un 35% d3ficit flexor entre 10 y 20% y 13% con un d3ficit flexor mayor a 20%.

Documentamos una fuerza promedio de PT en flexi3n de 113.2 Nm (38 – 203) para el grupo HTH y de 128.4 Nm (73 – 219) para el grupo STG ($p = 0.603$). La fuerza promedio de PT en extensi3n fue de 187.2 Nm (68 – 363)

para el grupo HTH y 195 Nm (107 – 339) para el grupo STG ($p = 0.102$) (Tabla 2).

El balance muscular fue normal en 29.4% de los pacientes en el grupo HTH y en 32% de los pacientes en el grupo STG. Encontramos un balance muscular con predominio flexor (débil) en 64.7% del grupo HTH y un balance muscular con predominio extensor (débil) en 49% del grupo STG. Asimismo observamos un predominio extensor (mayor que rodilla no operada) en 5.9% del grupo HTH y un predominio flexor (mayor que rodilla no operada) en 19% del grupo STG (Tabla 3).

El balance muscular promedio del grupo HTH fue de 68.6% (49 – 85) y de 73.4% (46 – 87) en el grupo STG ($p = 0.961$).

Discusión

La historia natural de la insuficiencia del LCA no tratado es la de mayor inestabilidad anterior de rodilla, inestabilidad rotatoria y roturas meniscales, demostradas en seguimientos a largo plazo.²⁴⁻²⁷ Se ha observado también la clara evolución hacia la artrosis temprana, evidenciando cambios degenerativos con rayos X.^{28,29} Dentro de las opciones quirúrgicas, las más populares para su reconstrucción son técnicas con autoinjertos HTH o STG.^{16,21,23,30}

Al realizar actividades de la vida diaria y deportiva, los grupos musculares flexores y extensores de la rodilla tienen un rol importante colaborando con la estabilidad de la articulación, cuando no presentan déficits de fuerza significativos, contribuyendo de esta forma a la función del LCA y por consiguiente protegiéndolo.^{2,31,32}

Tabla 2. Déficit de fuerza muscular en rodilla operada expresada en porcentaje.

	Déficit fuerza de extensión	Déficit fuerza de flexión	Fuerza PT de extensión	Fuerza PT de flexión
HTH	24.04%	18.82%	187.2 Nm	113.2 Nm
STG	17.10%	11.10%	194 Nm	128.4 Nm
	$p = 0.75$	$p = 0.056$	$p = 0.102$	$p = 0.603$

HTH: Hueso – tendón patelar – hueso. STG: Semitendinoso/gracilis.
PT: Torque máximo. Nm: Newtons-metro.

Tabla 3. Balance muscular: Promedios por grupos de pacientes.

	Normal	Débil	Mayor fuerza lado operado
HTH	29.4%	64.7%	5.9%
STG	32.0%	49.0%	19.0%

HTH: Hueso – tendón patelar – hueso. STG: Semitendinoso/gracilis.

Pinczewski et al., en un estudio prospectivo randomizado entre HTH y STG, no encontró diferencia en los resultados de las evaluaciones del IKDC o en la capacidad de retorno deportivo al nivel previo y evidenció una diferencia significativa de menor atrofia muscular de muslo en el grupo STG al año de la reconstrucción, diferencia que desapareció después de dos años.³³

Yasuda et al., con evaluaciones isocinéticas después de reconstrucción con STG, informa que la fuerza de los isquiotibiales retornaba a la normalidad logrando un balance muscular a los 9 meses después de la reconstrucción.³⁴

Actualmente existe consenso de que la fuerza del grupo flexor de rodilla no se ve disminuida significativamente después de una reconstrucción con STG basada en evaluaciones isocinéticas.^{8,31} Por otra parte, Sachs et al. encontraron que la fuerza promedio cuadricepsal fue de 60.8% en reconstrucciones HTH a un año postoperatorio.³⁵

Rosenberg et al., en un estudio de pacientes HTH, informa que entre el primer y segundo año postoperatorio, la fuerza del cuádriceps logró igualar el lado contralateral en 82% de los pacientes, comparando sus resultados con estudios previos que informaban una normalidad del 90% en reconstrucciones con STG en el mismo período postoperatorio.³⁶

Para el análisis estadístico de nuestros resultados ocupamos un estudio de análisis de varianza (ANOVA)

El universo de pacientes del presente estudio fue reconstruido por dos cirujanos subespecialistas en rodilla con más de 10 años de experiencia en cirugía artroscópica; no consideramos este punto trascendental en las diferencias encontradas entre grupos.

Todos los casos fueron rehabilitados por el mismo grupo de kinesiólogos de nuestra institución, ocupando un protocolo de rehabilitación acelerado como se describe en la tabla 1. No consideramos que este punto aporte diferencias significativas a los resultados.

Encontramos una tendencia a mayor déficit de fuerza de flexión en los pacientes operados con técnica HTH, además de una tendencia a mayor déficit de fuerza en extensión y de menor fuerza TP tanto en flexión y extensión en el grupo HTH, sin que sean estadísticamente significativas. También observamos una tendencia hacia un mayor valor promedio de porcentaje de balance muscular en el grupo STG, sin que sea estadísticamente significativo.

No logramos identificar las causas de los hallazgos, sobre todo en el grupo HTH. Tal vez estos resultados correspondan con un postoperatorio más doloroso en este grupo; probablemente esto podría contribuir a una rehabilitación no expedita, lo que favorecería una menor movilidad temprana y por ende una menor potencia muscular, situación que no está demostrada hasta el momento. No se documentó la escala de dolor postoperatorio para poder evaluar estadísticamente estas diferencias. Algunos estudios documentan la actividad muscular con evaluaciones isocinéticas después de reconstrucciones con STG, documentando la función de la musculatura agonista y antagonista con eva-

luaciones de electromiografías.² La deficiencia de la fuerza flexora en el grupo HTH que documentamos en este estudio, podría también deberse a una disminución de la propiocepción de la musculatura antagonista extensora, contribuyendo a las deficiencias de fuerza en la musculatura agonista debilitada por el postoperatorio inmediato. Consideramos los planteamientos previos como debilidades en el presente estudio.

Se presentan las evaluaciones isocinéticas de dos grupos de pacientes reconstruidos de LCA con distintas técnicas, teniendo el grupo HTH un menor número de casos en relación al grupo STG; esto fue resultado de la casuística de nuestro grupo, ya que previamente ocupábamos la técnica HTH de elección para la reconstrucción del LCA, hasta hace aproximadamente 8 años, donde por la evidencia publicada en la literatura cambiamos a la técnica STG. Esto determinó que nuestra casuística presente mayor número de casos STG. Este punto podría contribuir a la determinación de los resultados obtenidos en los análisis estadísticos aplicados, siendo este punto una debilidad del presente estudio.

Definimos el valor del balance muscular en relación a la extremidad contralateral luego de la reconstrucción para identificar el déficit de fuerza muscular en los grupos flexores y extensores de la rodilla intervenida. Habitualmente en nuestro grupo ocupamos las evaluaciones isocinéticas para identificar puntos a optimizar dentro de la rehabilitación muscular luego de una reconstrucción de LCA. Existen estudios que realizan una evaluación isocinética en pacientes con rotura de LCA antes de su reconstrucción para evaluar el progreso luego de la misma;¹¹ en nuestra serie no realizamos este tipo de evaluaciones isocinéticas en ningún caso ya que consideramos que los resultados obtenidos podrían presentar un sesgo en relación a la fuerza ejercida por el paciente con un LCA insuficiente.

Observando el tiempo de isquemia de nuestros pacientes, consideramos que no existieron diferencias significativas entre los distintos casos evaluados. No analizamos los tiempos quirúrgicos, el nivel de dolor postoperatorio y las complicaciones. Estos puntos podrían influir de alguna manera en los resultados obtenidos siempre y cuando la evaluación isocinética se realizara en el postoperatorio inmediato; en el presente estudio realizamos las evaluaciones isocinéticas a los 6 meses postreconstrucción en todos los casos, por lo que consideramos que los puntos anteriores no influirían en los resultados.

También es importante recalcar que este análisis se realizó con un corte en el tiempo, por lo que no podemos informar si estas diferencias presentarán cambios significativos en su evolución. Debemos continuar con el seguimiento y análisis de nuestros pacientes y de estas diferencias.

Varios estudios reportan los hallazgos de las evaluaciones isocinéticas luego de reconstrucción de LCA^{2,10-15} que refiere una amplia dispersión dentro de los resultados descritos; nuestro trabajo ofrece datos a considerar al evaluar los resultados obtenidos en el mismo.

Debemos continuar con el estudio y seguimiento de nuestros pacientes para poder identificar y validar estadísticamente los factores que influyeron en esta evolución.

Conclusión

Al comparar los resultados de las evaluaciones musculares isocinéticas en dos grupos de pacientes reconstruidos de LCA con técnicas STG y HTH, observamos una tendencia a déficit de fuerza de flexión mayor en el grupo HTH, además de una tendencia estadística a mayor déficit de fuerza de extensión, menor fuerza PT de flexión y menor fuerza PT de extensión en el mismo grupo, presentando consecuentemente un desbalance muscular con predominio de la musculatura extensora, con mayores déficits al compararlos con el grupo STG en los primeros seis meses del postoperatorio.

Bibliografía

1. Larson R: Anterior cruciate ligament insufficiency: Principles of treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1994; 2: 26-35.
2. Garrandes F, Colson SS, Parisaux J-M, et al: Knee isometric torque and electromyographic specificities after semitendinosus and gracilis hamstrings anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Phys Med Rehab* 2006; (85)2: 127-34.
3. Feagin JA Jr, Curl WW: Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-year follow-up study. *Am J Sports Med* 1976; 4: 95-100.
4. Palmer I: The classic: On the injuries to the ligaments of the knee joint: A clinical study. *Clin Ortho Rel Res* 2007; 454: 17-22.
5. Andersson C, Odensten M, Gillquist J: Knee function after surgical or nonsurgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament: A randomized study with a long-term follow-up period. *Clin Ortho Rel Res* 1991; 264: 255-63.
6. Shelbourne KD, Wilckens JH: Current concepts in anterior cruciate ligament rehabilitation. *Orthop Rev* 1990; 19(11): 957-64.
7. Beynon BD, Uh BS, Johnson RJ, et al: Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med* 2005; 33: 347-59.
8. Carter T, Edinger S: Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: Hamstring versus patellar tendon. *Arthroscopy*. 1999; 2: 169-72.
9. Hugel M, Indelicato P: Trends in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 1988; 7: 801-11.
10. Wilk KE: Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: A six-month follow up of isokinetic testing in recreational athletes. *Isokinet Exerc Sci* 1991; 1: 36-43.
11. Terreri A: Isokinetic assessment of the flexor-extensor balance of the knee in athletes with total rupture of the anterior cruciate ligament. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo* 1999; 54(2): 35-8.
12. Campbell D, Glenn W: Rehabilitation of knee flexor and extensor muscle strength in patients with meniscectomies, ligamentous repairs, and chondromalacia. *Physical Therapy* 1982; 62: 10-5.
13. Kellis E, Baltzopoulos V: Isokinetics excentric exercise. *Sports Med* 1995; 19: 202-22.
14. Thorsten R: Functional capability is enhanced with semitendinosus than patellar tendon ACL repair. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2003; 1: 1486-92.
15. Draganich LF, Jaeger RJ, Kralj AR: Coactivation of the hamstrings and quadriceps during extension of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1989; 71: 1075-81.
16. Aglietti P, Buzzi R, Zaccaretti G: Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1994; 22: 211-7.

17. Corry I, Webb J: Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament: a comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sport Med* 1999; 27: 444-54.
18. Doral M, Atay A: Arthroscopy-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon or hamstring autografts. *Bull Hosp Joint Dis* 2000; 59: 81-7.
19. Natri A, Jarvinen M, Latuala K, et al: Isokinetic muscle performance after anterior cruciate ligament surgery. *Int J Sports Med* 1996; 17: 223-8.
20. Marder RA, Raskind JR, Carrol M: Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1991; 19: 478-83.
21. Bach BR Jr, Jones GT, Sweet FA, et al: Arthroscopy-assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon substitution. *Am J Sports Med* 1994; 22: 758-67.
22. Saddemi SR, Frogameni AD, Fenton PJ: Comparison of perioperative morbidity of anterior cruciate ligament autografts versus allografts. *Arthroscopy* 1993; 9: 519-24.
23. Glancy WG: Acute tears of the anterior cruciate ligament. Surgical versus conservative treatment. *J Bone Joint Surg Am* 1988; 70: 1483-8.
24. McDaniel W, Dameron T: Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament. A follow up study. *JBJS* 1980; 62A(4): 696-705.
25. Webb J, Corry I: Injuries of the sporting knee. *Br J Sports Med* 2000; 34: 227.
26. Bollen S: Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage. *Br J Sports Med* 2000; 34: 227-8.
27. Roi GS, Nanni G, Tavana R, et al: Prevalence of anterior cruciate ligament reconstructions in professional soccer players. *Sport Sciences for Health* 2006; 3(5): 118-21.
28. Lohmander S, Roos H: Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis. Truth or consequences? *Acta Orthop Scand* 1994; 65(6): 605-9.
29. Lohmander S, Östenberg A, Englund M: High prevalence of knee osteoarthritis, pain and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis and Rheumatism* 2004; 10(50): 3145-52.
30. Wolf E: Semitendinosis and Gracilis ACL Reconstruction Using the Transfix Technique. *Tech in Orthop* 1998; 13(4): 329-36.
31. Harter RA, Osternig LR, Singer KM, et al: Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 1988; 16: 434-43.
32. Zhang LQ, Nuber GW, Bowen MK, et al: Multiaxis muscle strength in ACL deficient and reconstructed knees: compensatory mechanism. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 2-8.
33. Pinczewski LA, Corry IS, Clingeleffer AJ, et al: A comparison of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction utilizing patellar tendon autografts and hamstring tendon autografts at 2 years. Presented at the Arthroscopy Association of North America, Specialty Day at the AAOS; New Orleans, LA; March 22, 1998.
34. Yasuda K, Tsujino J, Ohkoshi Y, et al: Graft site morbidity with autogenous semitendinosis and gracilis tendons. *Am J Sports Med* 1995; 23: 706-14.
35. Sachs RA, Daniel DM, Stone ML et al: Patello femoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1989; (17): 760-5.
36. 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): 519-26.