

Article

Influencia de la Rotura del Ligamento Cruzado Anterior en la Fuerza Muscular del Muslo y la Relación Isquiotibiales-Cuádriceps: Un Meta-Análisis

Hyun-Jung Kim, Jin-Hyuck Lee, Sung-Eun Ahn, Min-Ji Park y Dae-Hee Lee

RESUMEN

La compensación teórica después de la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) podría causar debilidad del cuádriceps y activación de los isquiotibiales, previniendo la subluxación anterior de la tibia y afectando la relación esperada isquiotibiales-cuádriceps. Aunque la debilidad del cuádriceps ocurre a menudo después de las roturas del LCA, sigue siendo incierto si la fuerza de los isquiotibiales y la relación isquiotibiales-cuádriceps aumentan en rodillas con deficiencia del LCA. Este meta-análisis comparó la fuerza muscular isocinética de los músculos cuádriceps e isquiotibiales, y la relación isquiotibiales-cuádriceps, de los miembros inferiores lesionados y no lesionados de los pacientes con rotura del LCA. Este meta-análisis incluyó todos los estudios que compararon la fuerza isocinética de los músculos del muslo y la relación isquiotibiales-cuádriceps en las piernas lesionadas y no lesionadas de los pacientes con rotura del LCA, sin cirugía o antes de la misma. Se incluyeron 13 estudios en el meta-análisis. La fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales fue menor, 22,3 N•m (IC del 95%: 15,2 a 29,3 N•m; $P < 0,001$) y 7,4 N•m (IC del 95%: 4,3 a 10,5 N•m; $P < 0,001$), respectivamente, en el lado lesionado que en el no lesionado. La relación isquiotibiales-cuádriceps media fue un 4% mayor en el LCA lesionado que en los miembros inferiores no lesionados (IC del 95%: 1,7% a 6,3%; $P < 0,001$). En conclusión, las disminuciones fueron observadas en los músculos cuádriceps e isquiotibiales de los pacientes con rotura del LCA, con la disminución en la fuerza del cuádriceps que era 3 veces mayor. Estas reducciones desiguales aumentan ligeramente la relación isquiotibiales-cuádriceps en rodillas con lesión del LCA.

INTRODUCCIÓN

Después de una lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), la fuerza isocinética del cuádriceps es generalmente menor en la rodilla lesionada que en la rodilla no lesionada contralateral debido a la inhibición del músculo [1-3]. Este fenómeno se considera un mecanismo natural de compensación para prevenir la subluxación anterior que puede resultar en movimientos dolorosos y potencialmente perjudiciales de la rodilla lesionada [4]. Este mecanismo de compensación puede incluir la facilitación o activación de los flexores de la rodilla (isquiotibiales), [5] además de la inhibición del cuádriceps. Los isquiotibiales activados podrían así contrarrestar las fuerzas de cizallamiento anteriores durante la carga de la rodilla [6,7].

Sin embargo, no está claro si la fuerza muscular isocinética de los isquiotibiales también se reduce después de una rotura del LCA y, de ser así, si la magnitud de la reducción es similar a la del músculo cuádriceps. Además, el equilibrio entre el cuádriceps y los isquiotibiales, generalmente evaluado como la relación isquiotibiales-cuádriceps (HQ), puede alterarse en las rodillas con rotura del LCA en comparación con las rodillas no lesionadas contralaterales. Tales alteraciones en la relación HQ, [8] indicando un desequilibrio entre las fuerzas del cuádriceps y de los isquiotibiales, pueden aumentar el riesgo de lesión mayor de la extremidad inferior y la osteoartritis después de una lesión del LCA [9,10]. La recuperación adecuada de la fuerza de los isquiotibiales y del cuádriceps después de una lesión o reconstrucción del LCA podría usarse como un parámetro para la toma de decisiones con respecto al regreso a los deportes [11]. Por lo tanto, es importante comprender con precisión la alteración de la relación HQ en pacientes con roturas del LCA. Sin embargo, estudios previos [12,13] que investigaban la relación HQ en pacientes con rotura del LCA han arrojado resultados contradictorios.

Por lo tanto, este meta-análisis comparó las fuerzas musculares isocinéticas del músculo cuádriceps y los isquiotibiales, así como la relación HQ, de las extremidades lesionadas con rotura del LCA y las extremidades no lesionadas contralaterales. Este estudio planteó la hipótesis de que, aunque la fuerza isocinética de ambos músculos sería menor en el lado lesionado que en el no lesionado, la relación HQ sería relativamente inalterada porque la magnitud de la disminución de ambos músculos en el lado lesionado sería similar.

Materiales y Métodos

Este meta-análisis se realizó de acuerdo con las pautas de los ítems de informe preferidos para las revisiones sistemáticas y la declaración del meta-análisis (PRISMA) (S1 PRISMA Checklist).

Fuentes de Datos y de Bibliografía

Este estudio se basó en los Métodos de Revisión Cochrane (Cochrane Review Methods) [14]. Se realizaron búsquedas exhaustivas en múltiples bases de datos, incluidas MEDLINE (1 de enero de 1976 a 30 de abril de 2014), EMBASE (1 de enero de 1985 a 30 de junio de 2014), la Cochrane Library (1 de enero de 1987 a 30 de junio de 2014) y KoreaMed (1 de junio de 1958 a 30 de junio de 2014), en busca de estudios que compararan las fuerzas musculares isocinéticas del cuádriceps y/o los isquiotibiales, y/o la relación HQ entre las extremidades con rotura del LCA y las extremidades no lesionadas contralaterales. No hubo restricciones de idioma ni de año de publicación. Los términos de búsqueda utilizados en los campos de título, resumen, MeSH y palabras clave incluyeron "Ligamento Cruzado Anterior" O "Ligamentos Cruzados Anteriores " O "LCA", y "Fuerza muscular" [MeSH] O "Contracción muscular" O "Contracción isométrica" [MeSH] O "Cuádriceps" O "Contracciones musculares" O "Contracción muscular" O "Contracción isométrica" O "Contracciones isométricas" O "Isquiotibiales" O "Isquiotibial". Después de la búsqueda electrónica inicial, se realizaron búsquedas manuales en otros artículos relevantes y en las bibliografías citadas por los estudios identificados. Los artículos identificados se evaluaron individualmente para su inclusión.

Selección de Estudios

La inclusión de los estudios fue decidida de forma independiente por dos revisores, en base a los criterios de selección predefinidos. Se leyeron los títulos y los resúmenes; si no se pudo determinar la idoneidad, se evaluó el artículo completo. Los estudios se incluyeron en el meta-análisis si (1) analizaban a los pacientes con rotura del LCA, sin cirugía o antes de la cirugía, (2) informaban comparaciones directas de la fuerza concéntrica isocinética de los músculos del muslo, incluido el cuádriceps y los isquiotibiales, y/o su relación (HQ) concéntrica de miembros lesionados con rotura del LCA y miembros no lesionados contralaterales, (3) medían la fuerza isocinética de los músculos del muslo con un dinamómetro como torque pico máximo, (4) informaban completamente de las medias y desviaciones estándar de la fuerza isocinética de los músculos del muslo y de su relación HQ, así como del número de muestras, y (5) utilizaban métodos estadísticos adecuados para comparar la fuerza muscular y la relación HQ de las extremidades lesionadas y no lesionadas.

Se excluyeron los estudios que medían la fuerza muscular mediante pruebas isométricas, porque los resultados de dichas pruebas pueden verse afectados por el efecto de la curva de aprendizaje y tener una fiabilidad inferior en comparación con las pruebas isocinéticas.

Extracción de Datos

Dos revisores registraron de forma independiente los datos de cada estudio mediante un formulario predefinido de extracción de datos. Cualquier desacuerdo no resuelto por discusión fue revisado por un tercer autor.

Las variables registradas incluyen: (1) medias y desviaciones estándar de la fuerza muscular isocinética (torque pico máximo) del cuádriceps y de los isquiotibiales, y la relación HQ, de las extremidades lesionadas y no lesionadas; (2) el tamaño de la muestra; y (3) la velocidad angular, una medida del torque pico máximo. Si estas variables no se mencionaban en los artículos, se contactó a los autores del estudio por correo electrónico para solicitar los datos.

Evaluación de la Calidad Metodológica

Dos revisores evaluaron de forma independiente la calidad metodológica de cada estudio mediante la escala de Newcastle-Ottawa [15], según lo recomendado por el Grupo de Trabajo Cochrane de Métodos de Estudios No Aleatorios (Cochrane Non-Randomized Studies Methods Working Group). Para nuestros objetivos, ajustamos el sistema de estrellas de la Escala de Newcastle-Ottawa, que otorga estrellas dependiendo del nivel de sesgo, a una escala que incluía sólo sesgo bajo (una estrella), alto y poco claro. Cada estudio se evaluó sobre la base de tres criterios: la selección de los grupos de estudio, la comparabilidad de los grupos y la determinación de la exposición o del resultado de interés para los estudios de casos y controles o de cohortes. Cualquier desacuerdo no resuelto entre los revisores se resolvió por consenso o mediante consulta con un tercer investigador.

Análisis Estadístico

El resultado principal del meta-análisis fue la diferencia media en la fuerza concéntrica isocinética (torque pico máximo) del cuádriceps y de los isquiotibiales, y la relación HQ de las extremidades lesionadas y no lesionadas. Se utilizaron meta-análisis de efectos aleatorios para agrupar estos resultados entre los estudios incluidos, estimando las diferencias de medias ponderadas en la fuerza muscular del muslo y su relación entre las extremidades lesionadas y no lesionadas y sus intervalos de confianza (IC) de 95% asociados. La heterogeneidad se determinó estimando la proporción de inconsistencias entre los estudios debido a las diferencias reales entre los estudios, en lugar de las diferencias debidas a errores aleatorios o al azar, utilizando la estadística I², con valores de 25%, 50% y 75% considerados bajos, moderados y altos, respectivamente. Para examinar si las características demográficas de los participantes tuvieron un efecto de sesgo sobre cualquiera de los tamaños del efecto, incluidas las diferencias en la fuerza de los músculos isquiotibiales y cuádriceps y su relación entre las piernas no afectadas y las piernas afectadas, se realizaron análisis de metarregresión con el tamaño del efecto como la variable dependiente y la relación sexo y edad como predictores. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando RevMan versión 5.2 y Stata/MP 13.0. Un valor de $P < 0,05$ se consideró significativo.

RESULTADOS

Identificación de Estudios

La Fig. 1 muestra los detalles de la identificación, inclusión y exclusión de los estudios. Una búsqueda electrónica brindó 423 estudios en PubMed (MEDLINE), 426 en EMBASE, 48 en la Cochrane Library y 20 en KoreaMed. Se identificaron cinco publicaciones adicionales mediante búsquedas manuales. Después de eliminar 339 duplicados, quedaron 583 estudios; de éstos, 556 se excluyeron en base a la lectura de los resúmenes y los artículos de texto completo y 13 estudios adicionales se excluyeron en base a información inutilizable y comparaciones de grupos inapropiadas. Sólo se incluyó en el análisis el más reciente de los dos documentos que describen el mismo estudio. Después de aplicar estos criterios, se incluyeron 13 estudios en este meta-análisis.

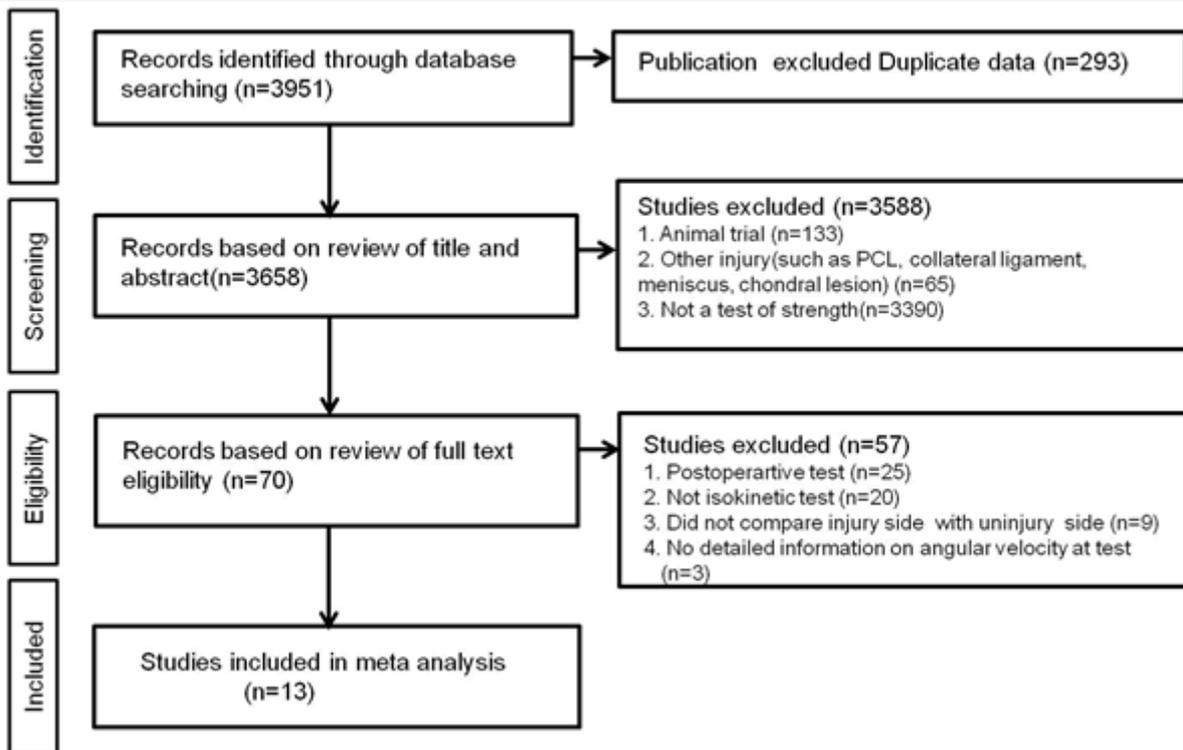


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analyses) de la identificación y selección de los estudios incluidos en este meta-análisis.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.g001>

Características del Estudio y Grupos de Pacientes

Los 13 estudios incluidos contenían 18 cohortes de pacientes y 548 rodillas con rotura del LCA, con fuerza muscular del muslo o relación HQ medida para cada rodilla. De los 13 estudios, ocho compararon de forma prospectiva los resultados en los lados lesionados y no lesionados, mientras que los otros cinco fueron comparaciones retrospectivas. Cinco estudios evaluaron tanto la fuerza muscular del muslo como la relación HQ; seis compararon sólo la fuerza muscular del muslo; y dos compararon sólo la relación HQ. Diez de los 12 estudios midieron la fuerza muscular del muslo y la relación HQ a 60°/seg, así como la velocidad angular a 120°/seg, 180°/seg y/o 270°/seg. De los tres estudios restantes, dos de ellos midieron la relación HQ a una velocidad angular de 30°/seg y 60°/seg, respectivamente, y un estudio midió la fuerza muscular del muslo a velocidades angulares de 30°/seg y 90°/seg. El intervalo de tiempo medio desde la lesión hasta la medición varió de dos a 33 meses, lo que indica que la mayoría de los estudios incluyeron pacientes con roturas crónicas del LCA (Tabla 1).

Tabla 1. Características del estudio.

| Authors | Year | Study type | Sample size | Measured Parameters (angular velocity) | Mean time interval from injury to testing (months) |
|--------------------|------|------------|-------------|--|--|
| Benjuya et al.[20] | 2000 | PCS | 27 | Q(60°/sec, 180°/sec), H(60°/sec, 180°/sec), HQ ratio (60°/sec, 180°/sec) | 9 |
| Dvir et al.[21] | 1989 | RCS | 35 | HQ ratio(30°/sec) | 11 |
| Eitzen et al.[22] | 2013 | PCS | 100 | Q(60°/sec), H(60°/sec) | 2 |
| Friden et al.[23] | 2010 | RCS | 18 | Q (30°/sec, 90°/sec), H(30°/sec, 90°/sec) | 29 |
| Gibson et al.[13] | 2000 | RCS | 18 | Q(60°/sec), H(60°/sec) | NC |
| Hole et al.[12] | 2000 | PCS | 10 | HQ ratio (60°/sec) | NC |
| Kannus et al.[24] | 1988 | RCS | 41 | Q(60°/sec, 180°/sec), H(60°/sec, 180°/sec), HQ ratio (60°/sec, 180°/sec) | NC |
| Keays et al.[25] | 2003 | RCS | 31 | Q (60°/sec, 120°/sec), H(60°/sec, 120°/sec) | 33 |
| Lee HM et al.[26] | 2009 | PCS | 12 | Q(60°/sec), H(60°/sec), HQ ratio (60°/sec) | 17.5 |
| Lee JC et al.[27] | 2013 | PCS | 10 | Q(60°/sec), H(60°/sec) | NC |
| Lephart et al.[28] | 1992 | PCS | 41 | Q(60°/sec, 270°/sec), H(60°/sec, 270°/sec), HQ ratio (60°/sec, 270°/sec) | 26.5 |
| Segawa et al.[29] | 2002 | PCS | 62 | Q(60°/sec), H(60°/sec) | 10.2 |
| Tsepis et al.[30] | 2004 | PCS | 30 | Q(60°/sec), H(60°/sec), HQ ratio (60°/sec) | 32 |

Abbreviations: PCS, prospective comparison study; RCS, retrospective comparison study; Q, quadriceps; H, hamstring; HQ, hamstring-to-quadriceps.

doi:10.1371/journal.pone.0146234.t001

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.t001>

Calidad y Sesgo de Publicación de los Estudios Incluidos

Los 13 estudios incluidos en este meta-análisis tuvieron un bajo riesgo de sesgo de selección. Todos compararon las piernas lesionadas con rotura del LCA con las piernas no lesionadas contralaterales como controles, y 11 proporcionaron datos demográficos detallados. Ninguno evaluó los posibles factores de confusión. La evaluación de la duración del seguimiento se modificó en relación con la naturaleza crónica del LCA (tiempo desde la lesión hasta la medición). Se asumió que un intervalo demasiado corto de lesión (<4 semanas) era insuficiente para medir la fuerza muscular isocinética debido al dolor causado generalmente por el movimiento limitado de la articulación de rodilla. Nueve estudios evaluaron pacientes >2 meses después de la lesión, lo que indica que todos los pacientes incluidos pudieron realizar pruebas isocinéticas de forma adecuada sin dolor. Sin embargo, los estudios restantes, que no informaron la cronicidad de la rotura del LCA, se consideraron sesgados. Ninguno de los estudios incluidos mencionó el porcentaje de pacientes evaluados, en relación con todos los pacientes con rotura del LCA que visitaron cada institución. Por lo tanto, se consideró que todos los estudios incluidos en este meta-análisis tenían un alto riesgo de sesgo (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen del riesgo de sesgo: juicios de los autores acerca de cada ítem de riesgo de sesgo para cada estudio incluido.

| Author | Representativeness of the cases | Selection of controls | Ascertainment of exposure | Interest outcome not present at start of study | Comparability of cohorts | Control for any additional factor | Assessment of outcome | Enough Follow-up | Adequacy of follow up |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Benjuya et al. [20] | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| Dvir et al. [21] | - | - | - | - | + | + | + | - | + |
| Eitzen et al. [22] | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| Friden et al. [23] | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| Gibson et al. [13] | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Hole et al. [12] | - | - | - | - | - | + | - | + | + |
| Kannus et al. [24] | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Keays et al. [25] | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| Lee HM et al. [26] | - | - | - | - | - | + | - | - | + |
| Lee JC et al. [27] | - | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Lephart et al. [28] | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| Segawa et al. [29] | - | - | - | - | - | + | + | - | + |
| Tsepis et al. [30] | - | - | - | - | - | + | - | - | + |

-, low risk of bias; +, high risk of bias; ?, unclear risk of bias

doi:10.1371/journal.pone.0146234.t002

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.t002>

Fuerza Isocinética de Cuádriceps

Once estudios, que incluyeron 16 cohortes de comparación, compararon la fuerza isocinética del músculo cuádriceps de las piernas lesionadas y no lesionadas. La diferencia media estándar combinada en el torque pico medio del músculo cuádriceps de las dos piernas fue de 22,3 N•m (IC de 95%: 15,2 a 29,3 N•m; P<0,001; I2 = 48%), lo que indica que la fuerza isocinética del cuádriceps fue inferior en el lado lesionado que en el no lesionado. El análisis de subgrupos de los diez estudios que evaluaron la fuerza del cuádriceps a 60°/seg, mostró que la fuerza del cuádriceps fue de 28,4 N•m inferior en el lado lesionado que en el no lesionado (IC de 95%: 18,9 a 38,0 N•m; P<0,001; I2 = 45%). El análisis de subgrupos, que incluyó seis cohortes en cinco estudios, incluyendo dos cohortes, una a 180°/seg y otra a 30°/seg, 90°/seg, 120°/seg y 270°/seg, mostró resultados similares, con una fuerza media del cuádriceps de 13,6 N•m inferior en el lado lesionado que en el no lesionado (IC de 95%: 6,3 a 20,9; P<0,001; I2 = 9%, Fig. 2).

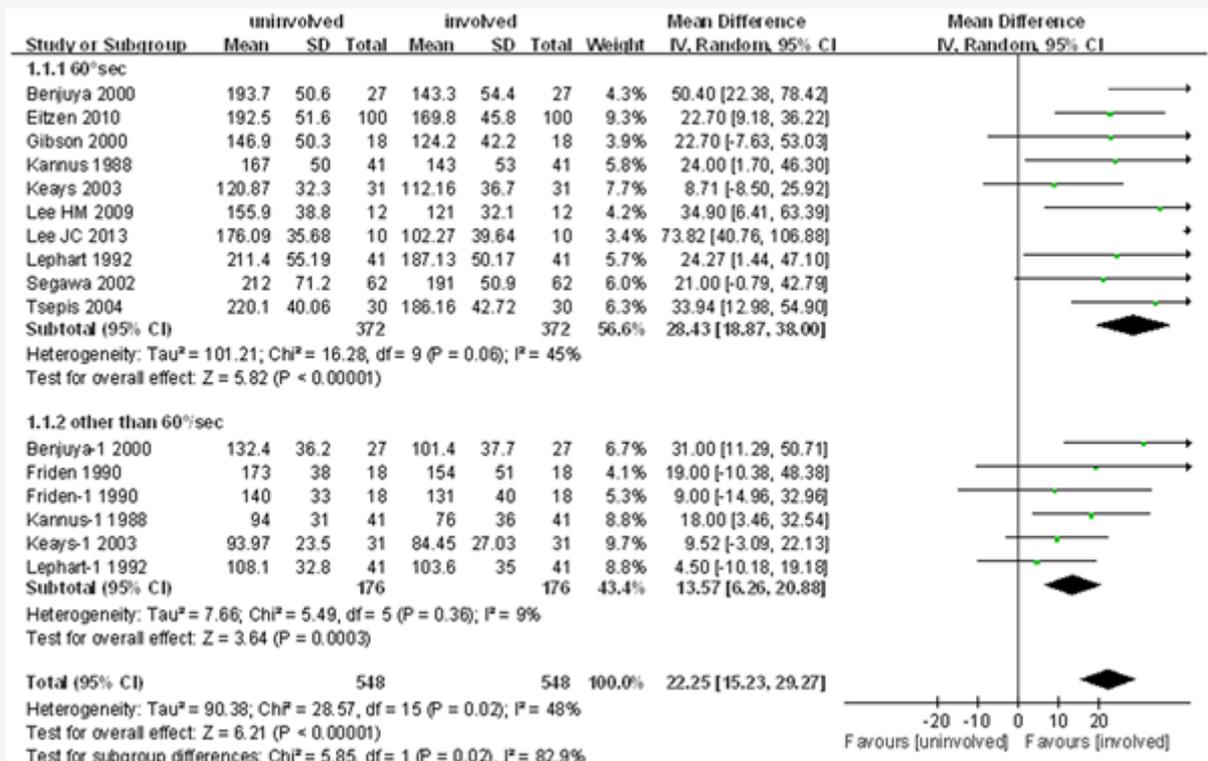


Figura 2. Diagrama de bosque que muestra reducciones significativas en la fuerza del cuádriceps en las extremidades con lesión del LCA en comparación con las extremidades no lesionadas.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.g002>

Fuerza Isocinética de Isquiotibiales

Se observaron resultados similares en el meta-análisis de la fuerza isocinética de los isquiotibiales, que incluyó 11 estudios y 16 cohortes, comparando la fuerza isocinética de los músculos isquiotibiales de las piernas lesionadas y no lesionadas.

La diferencia media estándar combinada en el torque pico medio de los músculos isquiotibiales de las dos piernas fue de 7,4 N•m (IC de 95%: 4,3 a 10,5 N•m; P<0,001; I² = 0%). El análisis de subgrupos de los diez estudios en los que se midió la fuerza a 60°/seg también mostró una diferencia media significativa (9,6 N•m, IC de 95%: 5,1 a 14,0 N•m; P<0,001; I² = 12%) entre las extremidades lesionadas y no lesionadas. De manera similar, el análisis de subgrupos de las otras seis cohortes en cinco estudios, dos cohortes a 180°/seg y una a 30°/seg, 90°/seg, 120°/seg y 270°/seg, mostró que la fuerza isocinética de los músculos isquiotibiales era 4,9 N•m inferior en el miembro lesionado que en el miembro no lesionado (IC de 95%: 0,1 a 9,7 N•m; P = 0,04; I² = 0%, Fig 3). Estos resultados demostraron que, al igual que la fuerza del cuádriceps, la fuerza de los isquiotibiales fue menor en las piernas con rotura del LCA que sin rotura. Sin embargo, la reducción en la fuerza de los isquiotibiales fue sólo un tercio de la reducción en la fuerza del cuádriceps.

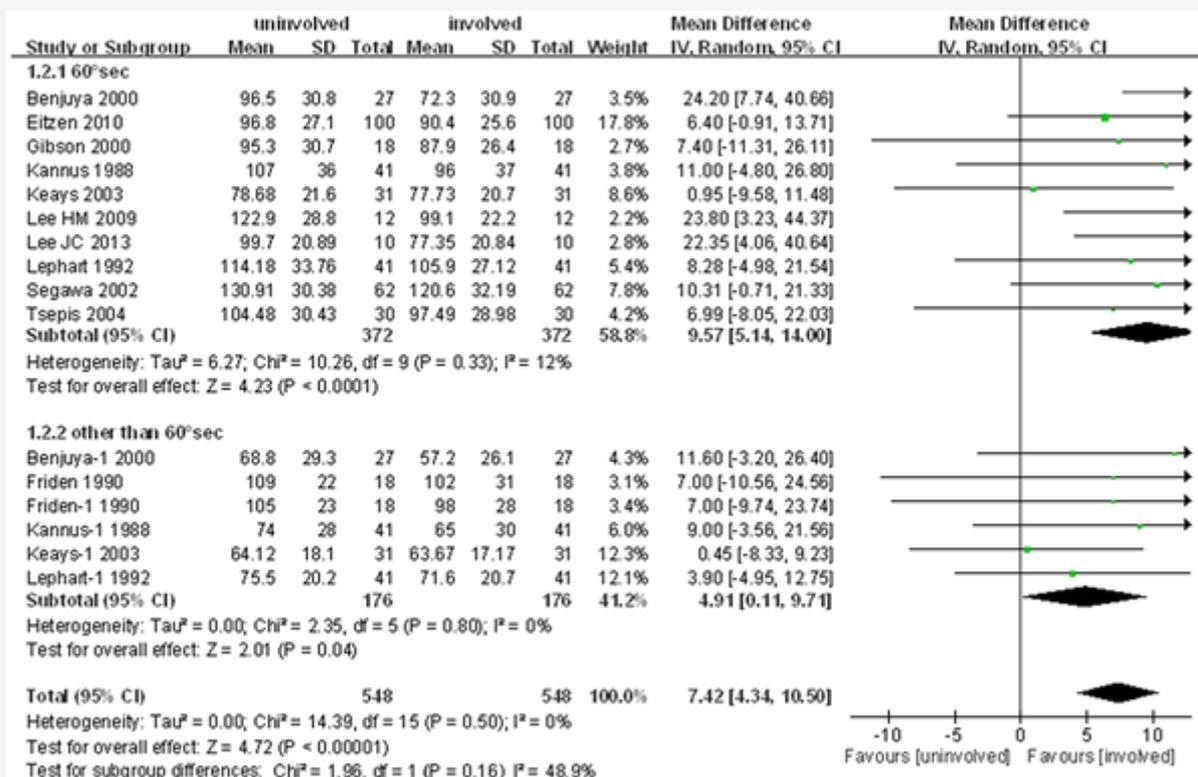


Figura 3. Diagrama de bosque que muestra reducciones significativas en la fuerza de los isquiotibiales en las extremidades con lesión del LCA en comparación con las extremidades no lesionadas.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.g003>

Relación Isquiotibiales-Cuádriceps

Ocho estudios, que incluían once cohortes de comparación, compararon la relación HQ de piernas lesionadas y no lesionadas. La diferencia media estándar combinada en el torque pico medio de la relación HQ fue de 4,0% (IC de 95%: 1,7% a 6,3%; $P < 0,001$; $I^2 = 0\%$), lo que indica que la relación HQ fue ligeramente superior en la pierna lesionada que en la no lesionada. El análisis de los 7 estudios en los que se midió la relación HQ a 60°/seg también mostró un ligero aumento (3,8%; IC de 95%: 1,1% a 6,6%; $P = 0,006$; $I^2 = 0\%$) en el lado lesionado. El análisis de las 4 cohortes medidas a otros 60°/seg (dos cohortes a 180°/seg, una a 30°/seg y otra a 270°/seg) encontró que la relación HQ fue 4,3% (IC de 95%: 0,6% a 9,1%; $I^2 = 29\%$) más alta en el lado lesionado que en el no lesionado. Esta diferencia se aproximó a la significación estadística pero no fue estadísticamente significativa ($P = 0,08$; Fig. 4).

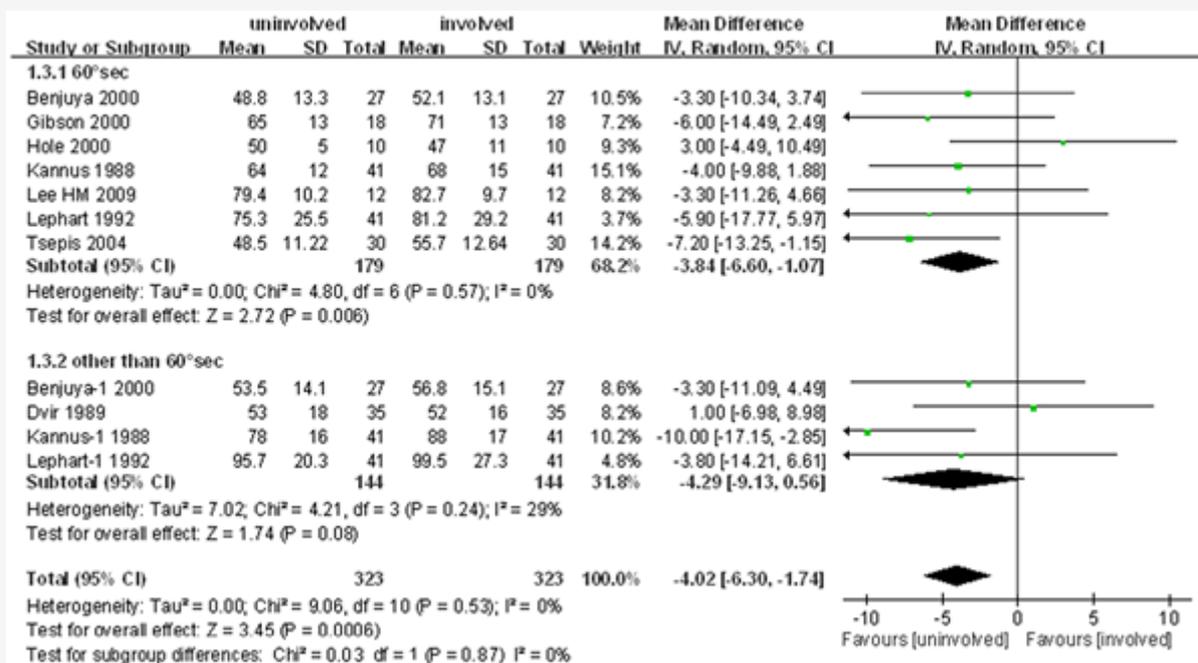


Figura 4. Diagrama de bosque que muestra reducciones significativas en la fuerza de los isquiotibiales en las extremidades con lesión del LCA en comparación con las extremidades no lesionadas.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.g004>

Análisis de Metarregresión

Los resultados del análisis de metarregresión se presentan en la Tabla 3. No se encontró ninguna asociación significativa entre la edad y el sexo, y ninguno de los tamaños del efecto, incluidas las diferencias en la fuerza muscular de los isquiotibiales y el cuádriceps, y su relación entre las piernas no afectadas y las afectadas. Este hallazgo indicó que los resultados del meta-análisis actual no estaban sesgados por las características demográficas de los participantes de los estudios incluidos.

Tabla 3. Análisis de metarregresión entre las variables demográficas edad y sexo, y parámetros de fuerza muscular del muslo.

| Variable | Coefficient | Standard error | P value | 95% confidence interval |
|---|-------------|----------------|---------|-------------------------|
| Difference of Hamstring muscle strength between uninvolved and involved leg | | | | |
| Age | -0.068 | 1.288 | 0.959 | -3.111 to 2.978 |
| Gender | 17.126 | 17.241 | 0.354 | -23.643 to 57.895 |
| Difference of Hamstring muscle strength between uninvolved and involved leg | | | | |
| Age | -0.128 | 0.608 | 0.839 | -1.568 to 1.311 |
| Gender | 4.546 | 8.056 | 0.590 | -14.503 to 23.597 |
| Difference of Hamstring-to-quadriceps ratio between uninvolved and involved leg | | | | |
| Age | 0.302 | 0.333 | 0.417 | -0.624 to 1.229 |
| Gender | -3.300 | 4.425 | 0.497 | -15.588 to 8.986 |

doi:10.1371/journal.pone.0146234.t003

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146234.t003>

Discusión

Este meta-análisis analizó las reducciones en la fuerza muscular del cuádriceps y los isquiotibiales, y su relación, en las rodillas con lesión de LCA. Los hallazgos principales fueron que la reducción en la fuerza muscular del cuádriceps fue tres veces mayor que la reducción en la fuerza de los isquiotibiales en las rodillas con rotura del LCA, lo que resultó en un

ligero aumento en la relación HQ.

Se demostró que la fuerza del cuádriceps se alteraba en pacientes con rotura del LCA, un tipo de mecanismo compensatorio para reducir la subluxación tibial anterior causada por una rotura del LCA. Los pacientes con rotura del LCA tienden a evitar la contracción del cuádriceps cuando la rodilla está casi completamente extendida, ya que esto puede inducir una tensión en el LCA [15]. La reducción en la contracción del cuádriceps observada en los pacientes con rotura del LCA es probable que reduzca la traslación anterior de la tibia en relación con el fémur, protegiendo la rodilla de un cajón anterior excesivo. Por lo tanto, la fuerza del cuádriceps se reduce generalmente después de la rotura del LCA [16,17]. Aunque la reducción de la fuerza isocinética del cuádriceps después de la rotura del LCA se considera un mecanismo compensatorio para evitar la traslación anterior de la tibia, el mecanismo de compensación también ocurrió en los músculos isquiotibiales. La fuerza creciente de los isquiotibiales es teóricamente deseable en pacientes con rotura del LCA, porque la activación de los isquiotibiales puede reducir la traslación anterior de la tibia disminuyendo la carga en las limitaciones pasivas de la rodilla, aumentando la compresión articular de la rodilla, y estabilizando la rodilla en respuesta a una carga externa de varo/valgo [18,19]. Así pues, era esperado que las reducciones en la fuerza de los isquiotibiales después de la rotura del LCA no fueran tan grandes como las reducciones en la fuerza del cuádriceps, pero no hay un consenso sobre la magnitud de la reducción de los isquiotibiales después de la rotura del LCA. Este meta-análisis encontró que la reducción en la fuerza muscular del cuádriceps fue aproximadamente 3 veces mayor que la reducción en la fuerza muscular de los isquiotibiales. Estas reducciones desiguales en la fuerza muscular del muslo contribuyeron al desequilibrio muscular, como lo demuestra la mayor relación HQ en las extremidades lesionadas que en las no lesionadas.

Este meta-análisis también mostró una mayor pérdida en la fuerza del cuádriceps que en la fuerza dominante de los isquiotibiales, resultando en un desequilibrio muscular del muslo, como lo demuestra un aumento en la relación HQ en las extremidades de los pacientes con rotura del LCA. Este mayor grado de pérdida de fuerza del cuádriceps puede aumentar el momento de aducción de la rodilla en el plano frontal durante la marcha debido a la mayor reducción del momento de abducción resultante de la debilidad del cuádriceps, [14] y puede reducir el momento de flexión externa de rodilla y el ángulo de flexión de rodilla en el plano sagital [15,16]. Estos cambios en la carga dinámica de la articulación de rodilla tanto en el plano frontal como en el sagital podrían resultar en una sobrecarga de la articulación de rodilla debido al aumento del momento de aducción en el plano frontal y a la falta de amortiguación durante el soporte de peso, como resultado de la disminución del momento de flexión en el plano sagital [4]. Estas situaciones pueden explicar en parte el desarrollo de la osteoartritis de la rodilla después de una rotura crónica del ligamento cruzado anterior (LCA) o incluso en las rodillas con reconstrucción del LCA. Interesantemente, sin embargo, el aumento observado en la relación HQ en los miembros de pacientes con rotura del LCA fue significativo solamente cuando las medidas fueron realizadas en 60°/seg y no en otras velocidades angulares. Esta dependencia de los resultados de la velocidad angular puede explicarse en parte por el hecho de que la fuerza muscular de los isquiotibiales medida a mayores velocidades angulares (180°/seg o 240°/seg) puede haber sido ligeramente subestimada debido a que las mediciones se realizaron muy pronto (aproximadamente 100 ms) después del inicio de la contracción, momento en el que es probable que la fuerza contráctil no haya alcanzado su estado activo completamente. Esta situación llevaría a un menor aumento de la relación HQ a mayores velocidades en comparación con 60°/seg, consistente con la observación de una relación HQ significativamente mayor sólo a 60°/seg.

Este estudio tuvo varias limitaciones. La calidad del meta-análisis dependió de la calidad de los estudios individuales. Además, todos los estudios incluidos en este meta-análisis fueron estudios de comparación observacional; ninguno de los estudios fue un ensayo controlado aleatorio. Por lo tanto, puede haber heterogeneidad inherente debido al sesgo no controlado. Asimismo, los estudios incluidos en este meta-análisis compararon la fuerza muscular del muslo en las extremidades con y sin roturas del LCA, en lugar de utilizar un grupo control separado. El deterioro de la fuerza muscular bilateral, utilizando información anormal en los receptores intra-articulares de la extremidad lesionada, también puede disminuir la fuerza muscular de la extremidad contralateral no lesionada, [17] afectando así los resultados de este meta-análisis. Sin embargo, es muy difícil seleccionar sujetos de control con el mismo nivel de actividad e historial deportivo que los sujetos con rotura del LCA. Este meta-análisis tampoco tuvo en cuenta las posibles diferencias de género en la fuerza muscular del muslo y en la relación HQ en cada estudio incluido. Sin embargo, un estudio reciente mostró que las diferencias de género en la fuerza muscular y en la relación HQ no eran significativas a velocidades de prueba lentas. No fue posible realizar meta-análisis separados para hombres y mujeres porque ninguno de los estudios incluidos proporcionó datos separados para hombres y mujeres. Finalmente, no estaba claro si la ligera diferencia (4%) en la relación HQ observada entre las extremidades con rotura de LCA y las no lesionadas tiene implicaciones clínicas. Sin embargo, creemos que esta pequeña diferencia podría afectar el rendimiento a largo plazo de las rodillas con lesión del LCA, porque incluso un pequeño desequilibrio en la fuerza de cuádriceps a isquiotibiales podría llevar a una lesión de las extremidades inferiores. Además, la mayor pérdida de la fuerza del cuádriceps en comparación con la fuerza de los isquiotibiales observada en el estudio actual demuestra la importancia de los ejercicios de fortalecimiento del cuádriceps en rodillas con LCA deficiente.

Conclusiones

En conclusión, tanto el cuádriceps como los isquiotibiales pierden fuerza en las extremidades con rotura del LCA. La pérdida de la fuerza del cuádriceps fue aproximadamente tres veces mayor que la pérdida de la fuerza de los isquiotibiales. Las reducciones desiguales en la fuerza de estos músculos del muslo resultaron en un ligero aumento en la relación HQ en rodillas con LCA deficiente.

Agradecimientos

No se han recibido ni se recibirán beneficios de ninguna forma de una parte comercial relacionada directa o indirectamente con el tema de este artículo, ni se han recibido fondos para apoyar este estudio.

Contribuciones de los Autores

Concepción y diseño de los experimentos: HJK DHL. Realización de los experimentos: SEA MJP. Análisis de los datos: DHL HJK JHL. Contribución con reactivos/materiales/herramientas de análisis: SEA MJP. Escritura del periódico: HJK DHL.

REFERENCIAS

1. Urbach D, Nebelung W, Becker R, Awiszus F. (2001). Effects of reconstruction of the anterior cruciate ligament on voluntary activation of quadriceps femoris a prospective twitch interpolation study. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83: 1104-1110. *pmid:11764420*
2. Palmieri RM, Weltman A, Edwards JE, Tom JA, Saliba EN, Mistry DJ, et al. (2005). Pre-synaptic modulation of quadriceps arthrogenic muscle inhibition. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2005;13: 370-376. *pmid:15685462*
3. de Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, Saris DB. (2007). Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy.* 2007;23: 21-28, 28.e21-23. *pmid:17210423*
4. Palmieri-Smith RM, Thomas AC. (2009). A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with ACL injury. *Exerc Sport Sci Rev.* 2009;37: 147-153. *pmid:19550206*
5. Georgoulis AD, Ristanis S, Moraiti CO, Paschos N, Zampeli F, Xergia S, et al. (2010). ACL injury and reconstruction: Clinical related in vivo biomechanics. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96: S119-128. *pmid:21036116*
6. Ko MS, Yang SJ, Ha JK, Choi JY, Kim JG. (2012). Correlation between Hamstring Flexor Power Restoration and Functional Performance Test: 2-Year Follow-Up after ACL Reconstruction Using Hamstring Autograft. *Knee Surg Relat Res.* 2012;24: 113-119. *pmid:22708113*
7. Yoon JP, Yoo JH, Chang CB, Kim SJ, Choi JY, Yi JH, et al. (2013). Prediction of chronicity of anterior cruciate ligament tear using MRI findings. *Clin Orthop Surg.* 2013;5: 19-25. *pmid:23467216*
8. Lee DH, Lee JH, Jeong HJ, Lee SJ. (2015). Lack of Correlation between Dynamic Balance and Hamstring-to-Quadriceps Ratio in Patients with Chronic Anterior Cruciate Ligament Tears. *Knee Surg Relat Res.* 2015;27: 101-107. *pmid:26060609*
9. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med.* 1998;26: 231-237. *pmid:9548116*
10. Hortobagyi T, Westerkamp L, Beam S, Moody J, Garry J, Holbert D, et al. (2005). Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005;20: 97-104.
11. van Grinsven S, van Cingel RE, Holla CJ, van Loon CJ. (2010). Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18: 1128-1144. *pmid:20069277*
12. Hole CD, Smit GH, Hammond J, Kumar A, Saxton J, Cochrane T. (2000). Dynamic control and conventional strength ratios of the quadriceps and hamstrings in subjects with anterior cruciate ligament deficiency. *Ergonomics.* 2000;43: 1603-160. *pmid:11083140*
13. Clair Gibson A, Lambert M, Durandt J, Scales N, Noakes T. (2000). Quadriceps and hamstrings peak torque ratio changes in persons with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000;30: 418-427. *pmid:10907898*
14. Green S. (2011). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5. 1. 0 [updated March 2011]. *The Cochrane Collaboration.*
15. Wells G, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, M L. (2013). The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomized studies in meta-analyses 2013 [cited 2013 Sept 13].
16. Lewek M, Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. (2002). The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17: 56-63.
17. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, et al. (2003). Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2003;19: 2-12. *pmid:12522394*
18. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. (2005). 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: 492-501. *pmid:15722287*
19. Sell TC, Ferris CM, Abt JP, Tsai YS, Myers JB, Fu FH, et al. (2007). Predictors of proximal tibia anterior shear force during a vertical stop-jump. *J Orthop Res.* 2007;25: 1589-1597. *pmid:17626264*
20. Benjuya N, Plotqin D, Melzer I. (2000). Isokinetic profile of patient with anterior cruciate ligament tear. *Isokinet Exerc Sci.* 2000;8: 229-232.

21. Dvir Z, Eger G, Halperin N, Shklar A. (1989). Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1989;4: 87-91.
22. Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. (2010). A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvement in knee function early after anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40: 705-721. *pmid:20710097*
23. Friden T, Zatterstrom R, Lindstrand A, Moritz U. (1990). Disability in anterior cruciate ligament insufficiency. *An analysis of 19 untreated patients. Acta Orthop Scand*. 1990;61: 131-135. *pmid:2360429*
24. Kannus P. (1988). Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee. *Relationship to long-term recovery. Phys Ther*. 1988;68: 961-965. *pmid:3375319*
25. Keays SL, Bullock-Saxton JE, Newcombe P, Keays AC. (2003). The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res*. 2003;21: 231-237. *pmid:12568953*
26. Lee HM, Cheng CK, Liao JJ. (2009). Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee*. 2009;16: 387-391. *pmid:19239988*
27. Lee JC, Kim JY, Park GD. (2013). Effect of 12 Weeks of Accelerated Rehabilitation Exercise on Muscle Function of Patients with ACL Reconstruction of the Knee Joint. *J Phys Ther Sci*. 2013;25: 1595-1599. *pmid:24409028*
28. Lephart SM, Perrin DH, Fu FH, Gieck JH, McCue FC, Irrgang JJ. (1992). Relationship between Selected Physical Characteristics and Functional Capacity in the Anterior Cruciate Ligament-Insufficient Athlete. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1992;16: 174-181. *pmid:18796757*
29. Segawa H, Omori G, Koga Y, Kameo T, Iida S, Tanaka M. (2002). Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon. *Arthroscopy*. 2002;18: 177-182. *pmid:11830812*
30. Tsepis E, Vagenas G, Giakas G, Georgoulis A. (2004). Hamstring weakness as an indicator of poor knee function in ACL-deficient patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2004;12: 22-29. *pmid:14586488*