



“EFECTOS DE PROGRAMAS DE EJERCICIO
PREVIO A LA CIRUGÍA DEL LIGAMENTO
CRUZADO ANTERIOR SOBRE PREDICTORES
DE ÉXITO DE LA REHABILITACIÓN: UNA
PROPUESTA METODOLÓGICA DE REVISIÓN
SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS”

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE
TRABAJO FINAL DE GRADO
OPCIÓN: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS

ALUMNO: MIGUEL ÁNGEL FERNÁNDEZ HERRANZ
TUTOR ACADÉMICO: DR. INT. FRANCISCO AYALA RODRÍGUEZ
CO-TUTOR ACADÉMICO: DR. INT. ALEJANDRO LÓPEZ VALENCIANO
CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

Índice

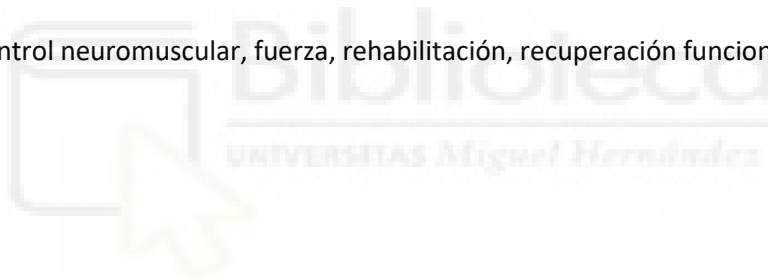
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MÉTODO	7
2.1 Estrategias de búsqueda	7
2.2 Selección de estudios.....	7
2.3 Extracción de datos y evaluación de la calidad.....	7
2.4 Análisis estadístico	9
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
4. ANEXOS	13
4.1 Características de los estudios que han analizado el efecto de un programa pre-operatorio sobre medidas de resultado óptimo de rehabilitación y retorno seguro a la práctica deportiva	13



Resumen

En los últimos años se han producido importantes avances tanto en las técnicas de reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) como en el diseño de los posteriores programas de rehabilitación con el propósito de restaurar la capacidad funcional de la rodilla y preservar su salud (a corto, medio y largo plazo). Sin embargo, estudios epidemiológicos informan de que a menudo estos objetivos no se consiguen. Persistentes e inapropiados valores de fuerza de la musculatura del cuádriceps de la pierna operada y desequilibrios bilaterales en el control neuromuscular durante movimientos dinámicos han sido identificados como factores que podrían estar detrás del limitado éxito de los procesos de recuperación post-cirugía del LCA. En los últimos años, ciertos estudios han observado que la realización de programas de ejercicio físico previos a la cirugía del LCA y cuyo contenido se orienta a la mejora de la fuerza del cuádriceps podrían tener efectos positivos tanto en la capacidad funcional de la rodilla post cirugía como en la integridad de la misma. Sin embargo, la heterogeneidad presente en dichos estudios hace necesario un análisis más profundo y sistemático a fin de poder establecer posicionamientos sólidos. Por lo tanto, el objetivo principal del presente Trabajo Final de Grado fue definir la metodología necesaria para poder llevar a cabo una revisión sistemática y un meta-análisis para cuantificar los efectos de los programas pre-operatorios que se llevan a cabo previos a la reconstrucción del LCA y el posterior programa de rehabilitación sobre tres predictores de éxito (fuerza del cuádriceps, déficits bilaterales de fuerza y desequilibrios en la función neuromuscular medidos a través de pruebas unilaterales dinámicas).

Palabras clave: control neuromuscular, fuerza, rehabilitación, recuperación funcional, rodilla, vuelta a la competición.



Abstract

Important progress has been made over the last few years in anterior cruciate ligament reconstruction techniques (ACL) and the following rehabilitation programmes, with the purpose of restoring the knee functionality and preserving its health (in short, mid and long-term). Nevertheless, epidemiological trials report that these goals are not frequently achieved. Persistent and inappropriate quadriceps strength values of the operated limb and bilateral asymmetries in the neuromuscular control during dynamic movements have been identified as a factor which could be behind the limited success of the recovery process after ACL reconstruction. In the last few years, several studies have observed that a quadriceps strength physical exercise program previous to ACL reconstruction could have positive effects on both in knee functionality after reconstruction and the entirety of itself. However, the heterogeneity of these trials makes necessary a deeper and more systematic analysis in order to establish a solid positioning. Therefore, the main purpose of this Final Degree Project was to define the needed methodology to carry out a systematic review and meta-analysis to quantify the pre-operative programs effects previous to ACL reconstruction and the following rehabilitation programs on three success predictors (quadriceps strength, bilateral strength deficits and asymmetries in the neuromuscular function, assessed through unilateral dynamic tests).

Keywords: functional recovery, knee, neuromuscular control, rehabilitation, return to play, strength.



1. INTRODUCCIÓN

Los principales objetivos de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) y el posterior programa de rehabilitación post-cirugía son maximizar la estabilidad y la capacidad funcional de la rodilla, preservar la salud de la misma a corto, medio y largo plazo y permitir una óptima preparación para la vuelta segura a la práctica deportiva (VPD) (Arder, Webster, Taylor & Feller, 2011; Barber-Westin, Noyes, 2011, Myklebust & Bahr, 2005). Sin embargo, y a pesar de los sustantivos esfuerzos llevados a cabo en las últimas décadas para mejorar las técnicas quirúrgicas e incrementar la eficacia de los programas de rehabilitación, a menudo estos objetivos no se consiguen de forma satisfactoria. Así, y por ejemplo, se ha documentado que el 50% de los deportistas que sufren una ruptura del LCA no son capaces de retornar a su nivel de rendimiento en su actividad deportiva en los primeros 12 meses post cirugía (Arder, Webster, Taylor & Feller, 2011), y un amplio porcentaje de los mismos (50% aproximadamente) sufrirá probablemente osteoartritis de rodilla durante los 10 años posteriores (Lohmander, Englund, Dahl & Roos, 2007; Lohmander, Ostenberg, Englund & Roos, 2004). Del mismo modo, estudios epidemiológicos informan de la existencia de una alta incidencia de recaídas en los desgarros del LCA, especialmente durante los primeros 12 meses (Kyritsis, Bahr, Landreau, Miladi & Witvrouw, 2016; Lind, Menhert & Pedersen, 2012; Paterno, Rauh, Schmitt, Ford & Hewett, 2012).

Pobres niveles de fuerza post cirugía del LCA en la musculatura del cuádriceps de la rodilla operada en comparación con la no operada (déficits bilaterales de fuerza) han sido asociados, entre otros, con esta incapacidad de retornar al nivel inicial de rendimiento deportivo (Schmitt, Paterno, & Hewett, 2012) y sobre todo con el desarrollo y progresión de la osteoartritis de rodilla (Tourville, Jarrell, Naud, Slauterbeck, Johnson & Beynnon, 2014). De hecho, se han documentado déficits de fuerza en la musculatura del cuádriceps dos años (o más) después de la cirugía de reconstrucción del LCA (de Jong, van Caspel, van Haeff & Saris, 2007; Eitzen, Holm & Risberg, 2009). Del mismo modo, insuficiente fuerza en la musculatura del cuádriceps en relación a su antagonista la musculatura isquiosural (déficits de fuerza unilateral isquiosurales/cuádriceps) y déficits y asimetrías bilaterales en el control neuromuscular durante movimientos dinámicos (saltos unilaterales, equilibrio dinámico unipodal [medido a través de la prueba Y-Balance]) han sido identificados como unos de los principales predictores (junto a la edad [Wiggins, Grandhi, Schneider, Stanfield, Webster, & Myer, 2016]) de la segunda lesión del LCA (Myer, Ford, Khoury, Succop & Hewett, 2010; Paterno, Schmitt, Ford, Rauh, Myer, Huang & Hewett, 2010).

Por tanto, existe una clara necesidad de mejorar estos resultados post-cirugía del LCA. En este sentido, elevar los niveles de fuerza de la musculatura del cuádriceps de la pierna operada para dotar de suficiente estabilidad dinámica a la articulación y reducir las asimetrías bilaterales en el control neuromuscular dinámico (<10-15%) que permitan limitar los movimientos anormales antes del retorno a la práctica deportiva parecen ser criterios imprescindibles para salvaguardar la integridad de la rodilla, maximizar el rendimiento motor y reducir el riesgo de la segunda lesión del LCA (Hewett, Di Stasi, & Myer, 2013).

Ciertos estudios han comprobado que existe una influencia positiva de los valores de fuerza del cuádriceps y equilibrio dinámico unipodal pre-cirugía de reconstrucción del LCA sobre la función post-cirugía y los resultados (principales predictores) en el momento del retorno a la práctica deportiva (de Jong et al., 2007, Keays, Bullock-Saxton, Newcombe, Keays, 2003, Logerstedt, Lynch, Axe, Snyder-Mackler, 2013; Hallagin, Garrison, Creed, Bothwell, Goto, & Hannon, 2017). En este sentido, se ha observado como aquellos individuos con mayores niveles de fuerza del cuádriceps antes de la cirugía del LCA presentaban valores significativamente más altos de fuerza de la misma musculatura en el momento de la VPD, mientras que aquellas personas con menores niveles de fuerza antes de la cirugía tienen peores valores de funcionalidad (asimetrías bilaterales) en las pruebas de salto unilateral en el momento de la VPD y esta circunstancia podría alargar el momento de la VPD tras la reconstrucción del LCA.

Esta circunstancia ha llevado al desarrollo de los llamados programas “pre-operatorios” o de “pre-habilitación”, basados en ejercicios de fortalecimiento progresivo de la musculatura del cuádriceps y entrenamiento neuromuscular de la extremidad inferior antes de la cirugía de reconstrucción del LCA y el posterior programa de rehabilitación con el fin de conseguir un mejor pronóstico en los criterios de rehabilitación que posibiliten la consecución de los objetivos inicialmente citados. En los últimos años un número de estudios han explorado los efectos de los programas pre-operatorios sobre los principales criterios de rehabilitación post-cirugía mostrando resultados en algunos casos contradictorios (tabla 1). Así, y por ejemplo, Shaarani et al. (2013), en un estudio controlado aleatorizado, observaron que un programa pre-operatorio de seis semanas de duración permitió una mejora en el control neuromuscular de la rodilla (determinado a través de pruebas de salto unilateral) de aproximadamente un 22% transcurridas 12 semanas de la reconstrucción del LCA y en comparación con el grupo control que no fue sometido a dicho programa pre-operatorio. Sin embargo, estos autores no encontraron diferencias inter-grupo en cuanto al valor máximo de fuerza de la musculatura del cuádriceps y la ratio de fuerza bilateral. Por el contrario, Kim, Hwang, & Park (2015) sí encontraron mejoras estadísticamente significativas en la fuerza de la musculatura del cuádriceps y con respecto al grupo control, tras un programa pre-operatorio de 4 semanas. Quizás la gran heterogeneidad en los programas pre-operatorios y post-cirugía puede estar detrás de estas discrepancias. Un estudio que analice de forma sistemática toda la información existente y meta-analice a través de pruebas robustas los resultados obtenidos por los diversos estudios sería de gran relevancia para determinar el valor del efecto real de los programas pre-operatorios sobre los principales predictores de RPD y recaída de la lesión del LCA y con ello mejorar el proceso de toma de decisiones con el fin de alcanzar resultados satisfactorios en la funcionalidad de la rodilla y RPD.

Por lo tanto, el principal objetivo del presente trabajo final de grado es describir la metodología a utilizar para la realización de una revisión sistemática y un meta-análisis sobre la efectividad de los programas pre-operatorios de ejercicio sobre los principales resultados post rehabilitación de la cirugía de reconstrucción del LCA (fuerza máxima del cuádriceps, déficits bilaterales de fuerza del cuádriceps y asimetrías en el control neuromuscular durante movimientos dinámicos).

2. MÉTODO

Con el propósito de alcanzar nuestros objetivos se llevará a cabo una revisión sistemática y un meta-análisis siguiendo las recomendaciones y criterios especificados en la guía “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA) (Moher, Liberati, Tetzlaff & Altman, 2009).

2.1 Estrategias de búsqueda

Los potenciales estudios serán identificados a través de procesos combinados de búsqueda, perfectamente planeados y ordenados.

En primer lugar, las siguientes bases de datos bibliográficas serán consultadas: PubMed, Scopus, Google Académico, OVID (AMED, MEDLINE), Cochrane Library (Cochrane Database of Systematic Reviews, Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL), Cochrane Methodology Register), y Web of Science (science and social science citation index) con los siguientes estrategias de búsqueda booleanas: “preoperative exercise” OR preoperative training” AND “quadriceps strength” AND / OR “bilateral strength deficits” AND / OR single hop AND “anterior cruciate ligament reconstruction”. A través del uso de los filtros de búsqueda de cada una de las bases de datos, se limitará la misma en años de publicación (hasta marzo de 2018), especie humana, edad (adultos: 18+ años) y lengua española e inglesa. Posteriormente, y en segundo lugar se consultarán un número importante de revistas electrónicas especializadas, destacando: American Journal of Sports Medicine, Clinical Rehabilitation, Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, British Journal of Sports Medicine y Journal of Orthopaedic Research. Finalmente, las referencias presentes en los estudios analizados también serán consultadas.

Dos revisores independientes: a) visualizarán el título y resumen de cada referencia para localizar los estudios potencialmente relevantes, y una vez que se obtengan los textos completos de estos documentos; b) los revisarán en detalle para identificar los artículos que cumplan con los requisitos. Un tercer revisor externo será consultado para resolver las discrepancias.

2.2 Selección de estudios

Para ser incluidos en esta revisión sistemática y meta-análisis, los estudios tendrán que cumplir lo siguientes criterios: a) ser estudios controlados aleatorizados donde se aplicase un programa preoperatorio de al menos tres semanas de duración; b) los participantes deberán ser adultos (edad ≥ 18 años) que hayan sufrido una rotura del ligamento cruzado anterior en una sola rodilla; c) la muestra mínima en el post test deberá de ser de al menos 5 participantes; d) el estudio tendrá que aportar suficientes datos estadísticos como para calcular los tamaños del efecto; e) el estudio tendrá que haber sido publicado antes de marzo de 2018.

Los estudios serán excluidos si presentan un diseño no controlado aleatorizado, de corte retrospectivo, si incluyen participantes con rotura del ligamento cruzado anterior en ambas rodillas y si no llevan a cabo una intervención preoperatoria.

2.3 Extracción de datos y evaluación de la calidad

Con la finalidad de garantizar la mayor objetividad posible, se elaborará una guía que especificará los criterios seguidos en la codificación de cada una de las características de los estudios. Las variables de los estudios seleccionados serán codificadas y agrupadas en tres categorías basándonos en las recomendaciones de Lipsey (2009): variables sustanciales (participantes, contexto y tratamiento), metodológicas y extrínsecas. La tabla 2 muestra una breve descripción de las posibles variables a codificar separadas por categoría.

Tabla 2: Variables codificadas

Variables sustantivas	
Características de los participantes:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número (hombres, mujeres) ▪ Edad (años) ▪ Sexo (hombres, mujeres) ▪ Masa corporal ▪ Tipo de lesión (ruptura unilateral completa, ruptura unilateral parcial, triada) ▪ Tiempo desde la lesión hasta la operación ▪ Tiempo de lesión ▪ Estado físico (sedentarios, físicamente activos, deportistas) ▪ Estado clínico (asintomático, sintomático- clínico, sintomático sub-clínico) ▪ Tipo de cirugía LCA 	
Características del tratamiento:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de intervención (control, programa de ejercicio preoperativo) ▪ Duración del programa (semanas) ▪ Frecuencia semanal ▪ Frecuencia diaria ▪ Duración de la sesión ▪ Tipo de ejercicios (fuerza, multicomponente, estabilidad, resistencia cardiovascular) ▪ Número de ejercicios ▪ Supervisado o programa realizado en casa 	
Variables metodológicas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calidad del estudio (escala PEDro) ▪ Mortalidad (porcentaje de participantes en la muestra final dividido por el número de personas en la muestra inicial) 	
Variables extrínsecas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Año del estudio ▪ País 	

La calidad de los estudios será evaluada a través de la escala “The Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale” (tabla 3). Dos revisores aplicaran la escala a los estudios, tratando de alcanzar un alto nivel de acuerdo (%). Para solucionar los desacuerdos un revisor independiente se encargará de tomar la decisión final.

Tabla 3: Escala “Physiotherapy Evidence Database (PEDro)” para analizar la calidad metodológica de los estudios.

Criterios	Si	No
1. Criterios de elegibilidad fueron especificados (no se cuenta para el total)	+	-
2. Sujetos fueron ubicados aleatoriamente en grupos	+	-
3. La asignación a los grupos fue encubierta	+	-
4. Los grupos tuvieron una línea de base similar en el indicador de pronóstico más importante	+	-
5. Hubo cegamiento para todos los grupos	+	-
6. Hubo cegamiento para todos los terapeutas que administraron la intervención	+	-
7. Hubo cegamiento de todos los asesores que midieron al menos un resultado clave	+	-

8.	Las mediciones de al menos un resultado clave fueron obtenidas en más del 85% de los sujetos inicialmente ubicados en los grupos	+	-
9.	Todos los sujetos medidos en los resultados recibieron el tratamiento o condición de control tal como se les asignó, o si no fue este el caso, los datos de al menos uno de los resultados clave fueron analizados con intención de tratar	+	-
10.	Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron reportados en al menos un resultado clave	+	-
11.	El estadístico provee puntos y mediciones de variabilidad para al menos un resultado clave	+	-

Esta escala de calidad de los estudios está formada por 11 puntos, donde el primero de ellos mide la validez externa de la prueba experimental. Normalmente este punto no se incluye en la evaluación final del estudio. Por ello, la evaluación se basará en los puntos 2-11, según las recomendaciones de Maher et al. (2009).

Estos puntos serán puntuados con un + si cumplen el criterio, mientras que se calificaran con un – si no lo cumplen. Aquellos estudios con una puntuación de 0 a 4 serán considerados como estudios de baja calidad. Puntuaciones de 5 y 6 serán consideradas de calidad moderada, y finalmente aquellos con una puntuación de 7 o más serán clasificados como de alta calidad. Tres apartados de esta clasificación hacen referencia al cegamiento que se lleva a cabo en el estudio. Sin embargo, estos estudios sólo podrán alcanzar una puntuación máxima de 8 puntos sobre 10 debido a que no es posible que los sujetos desconozcan que están recibiendo un tratamiento de rehabilitación.

Dos revisores extraerán los datos de aquellos estudios que cumplan los requisitos de inclusión, de forma independiente. Con el objetivo de evitar la omisión de información relevante de algún estudio, se extraerán los siguientes datos de cada uno de ellos: información del autor, fecha y lugar de publicación, información de la muestra, abandonos, tipo y duración de la intervención, variables utilizadas, evaluaciones, periodo de seguimiento, resultados y algún comentario relevante de cada estudio.

Las variables medidas fueron la fuerza de la musculatura del cuádriceps, y déficits y asimetrías en el control neuromuscular durante movimientos dinámicos.

El resumen de las características de los estudios que han analizado el efecto de un programa pre-operatorio sobre medidas de resultado óptimo de rehabilitación y retorno seguro a la práctica deportiva puede observarse en el anexo 4.1.

2.4 Análisis estadístico

Todos los resultados fueron expresados a través de la media y desviación estándar (SD). Para cada una de las tres variables medidas (fuerza máxima del cuádriceps, déficit bilateral de fuerza máxima y déficit bilateral en la función neuromuscular de las extremidades inferiores), el tamaño del efecto fue calculado como la media de la diferencia entre el cambio de puntuación posttest-pretest de los grupos experimental y control: $D = (d_{Post}^E - d_{Pre}^E) - (d_{Post}^C - d_{Pre}^C)$ (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009). Para la evaluación de la fiabilidad de los cálculos del tamaño del efecto, la misma muestra de estudios aleatorizados utilizados en la codificación de la fiabilidad de los estudios fue sometida a un doble proceso de cálculo del tamaño del efecto, obteniendo excelentes valores de fiabilidad intra-sujeto, con correlaciones intra-clase de alrededor de 0.90.

Meta-análisis separados fueron llevados a cabo para el resultado de cada variable. Para cada uno de ellos, una media del tamaño del efecto (D_+) y un intervalo de confianza del 95% fue calculado suponiendo un modelo de efecto aleatorizado, con la varianza inversa como el factor principal (Sánchez-Meca & Marín-Martínez, 2008). La heterogeneidad de los tamaños de los efectos en los estudios fue medido a través de media de las estadísticas de Cochrane y I^2 index. También se realizó

un forest plot para cada meta-análisis. La falta de homogeneidad fue considerada para los tests Cochrane Q con $p < 0.10$ y/o para índices $I^2 \geq 50\%$. Se realizaron funnel plots, así como se aplicó el método trim-and-fill (Duval & Tweedie, 2000) para evaluar si la tendencia de la publicación pudiera ser una amenaza para la validez de los resultados del meta-análisis.

Se aplicaron efectos mixtos de la regresión del meta-análisis para medir la influencia de los moderadores continuos en el tamaño del efecto, como la puntuación PEDro, número de semanas de intervención preoperatoria, número de semanas de rehabilitación, porcentaje medio de hombres en los dos grupos, diferencia entre porcentajes de hombres en los dos grupos, edad media en los dos grupos, y diferencia media de edad entre los dos grupos. Los estadísticos Q_R y Q_E fueron calculados para medir la significación estadística de cada variable moderadora y para evaluar el modelo de la especificación incorrecta, respectivamente. Además, se calculó la proporción de la varianza reportada por el moderador a través de las medias de $R^2 = 1 - t^2_{RES} / t^2_{TOTAL}$, con t^2_{RES} y t^2_{TOTAL} siendo la varianza heterogénea residual y total calculada, respectivamente (López-López, Marín-Martínez, Sánchez-Meca, van den Noortgate, & Viechtbauer, 2014).

Los forest plot fueron llevados a cabo con el pack de software Review Manager (RevMan) (version 5.3 for OSX, The Nordic Cochrane Centre, The Cochrane Collaboration, 2014, Copenhagen, Denmark). Los funnel plots con el método trim-and-fill y las regresiones del meta-análisis fueron obtenidas de el pack Comprehensive Meta-analysis 3.3 (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2014). Se utilizó la lista de revisión PRISMA (Liberati et al., 2009) para revisar la calidad del meta-análisis.



3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alshewaiier, S., Yeowell, G., & Fatoye, F. (2017). The effectiveness of pre-operative exercise physiotherapy rehabilitation on the outcomes of treatment following anterior cruciate ligament injury: A systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 31(1), 34-44.
2. Ardern, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2012). Return-to-sport outcomes at 2 to 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *American Journal of Sports Medicine*, 40(1), 41-48.
3. Ardern, C. L., Webster, K. E., Taylor, N. F., & Feller, J. A. (2011). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 596-606.
4. Barber-Westin, S. D., & Noyes, F. R. (2011). Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 27(12), 1697-1705.
5. de Jong, S. N., van Caspel, D. R., van Haeff, M. J., & Saris, D. B. (2007). Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy*, 23(1), 21-e1.
6. Eitzen, I., Moksnes, H., Snyder-Mackler, L., & Risberg, M. A. (2010). A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvement in knee function early after anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(11), 705-721.
7. Hallagin, C., Garrison, J. C., Creed, K., Bothwell, J. M., Goto, S., & Hannon, J. (2017). The relationship between pre-operative and twelve-week post-operative Y-Balance and quadriceps strength in athletes with an anterior cruciate ligament tear. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(6), 986.
8. Hewett, T. E., Di Stasi, S. L., & Myer, G. D. (2013). Current concepts for injury prevention in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 216-224.
9. Keays, S. L., Bullock-Saxton, J. E., Newcombe, P., & Keays, A. C. (2003). The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Research*, 21(2), 231-237.
10. Keays, S. L., Bullock-Saxton, J. E., Newcombe, P., & Bullock, M. I. (2006). The effectiveness of a pre-operative home-based physiotherapy programme for chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Physiotherapy Research International*, 11(4), 204-218.
11. Kim, D. K., Hwang, J. H., & Park, W. H. (2015). Effects of 4 weeks preoperative exercise on knee extensor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(9), 2693-2696.
12. Kyritsis, P., Bahr, R., Landreau, P., Miladi, R., & Witvrouw, E. (2016). Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *British Journal of Sports Medicine*, 50(15), 946-951.
13. Lind, M., Menhert, F., & Pedersen, A. B. (2012). Incidence and outcome after revision anterior cruciate ligament reconstruction: results from the Danish registry for knee ligament reconstructions. *American Journal of Sports Medicine*, 40(7), 1551-1557.
14. Logerstedt, D., Lynch, A., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2013). Pre-operative quadriceps strength predicts IKDC2000 scores 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee*, 20(3), 208-212.

15. Lohmander, L. S., Englund, P. M., Dahl, L. L., & Roos, E. M. (2007). The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1756-1769.
16. Lohmander, L. S., Östenberg, A., Englund, M., & Roos, H. (2004). High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis & Rheumatology*, 50(10), 3145-3152.
17. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097.
18. Myer, G. D., Ford, K. R., Khoury, J., Succop, P., & Hewett, T. E. (2010). Development and validation of a clinic-based prediction tool to identify female athletes at high risk for anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 2025-2033.
19. Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 127-131.
20. Paterno, M. V., Rauh, M. J., Schmitt, L. C., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2012). Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 22(2), 116.
21. Schmitt, L. C., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(9), 750-759.
22. Shaarani, S. R., O'Hare, C., Quinn, A., Moyna, N., Moran, R., & O'Byrne, J. M. (2013). Effect of prehabilitation on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 41(9), 2117-2127.
23. Tourville, T. W., Jarrell, K. M., Naud, S., Slauterbeck, J. R., Johnson, R. J., & Beynnon, B. D. (2014). Relationship between isokinetic strength and tibiofemoral joint space width changes after anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 42(2), 302-311.
24. Wiggins, A. J., Grandhi, R. K., Schneider, D. K., Stanfield, D., Webster, K. E., & Myer, G. D. (2016). Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 44(7), 1861-1876.

4. ANEXOS

4.1 Tabla 1: características de los estudios que han analizado el efecto de un programa pre-operatorio sobre medidas de resultado óptimo de rehabilitación y retorno seguro a la práctica deportiva

Referencia País	Participantes	Características del programa pre-operatorio	Medidas Evaluación y seguimiento	Principales resultados
Keays et al. (2006) Australia	GCS: 8 H & 4 M GC: 8 H & 4 M GE: 8 H & 4 M Adultos (18 – 40 años) Físicamente activos	GCS: sujetos sin rotura de LCA. GC: sin intervención. GE: fuerza cuádriceps, isquiosurales y gemelos, equilibrio y propiocepción, pliometría.	Fuerza máxima (dinamómetro isocinético) Pre-test. Post-test: 6 semanas después de la operación.	Fuerza: el ratio bilateral de fuerza del cuádriceps mejoró de forma significativa ($p < 0.001$) en el grupo experimental después de la operación pasando de 85% y 86% a 102% y 103% a 60°/s y 120°/s, y no muestra ningún cambio el grupo control y control sano.
Kim et al. (2015) Korea	GC: 40 H GE: 40 H Adultos (20 – 35 años) Físicamente activos	GC: sin intervención. GE: fuerza cuádriceps, equilibrio, propiocepción, resistencia cardiovascular.	Fuerza máxima (dinamómetro isocinético) Función (Single Hop Test) Pre-test: 28 días semanas antes de la operación. Post-test: 12 semanas después de la operación.	Fuerza: el ratio bilateral de fuerza del cuádriceps mejoró de forma significativa en el grupo experimental después de la operación comparado con el grupo control ($p < 0.05$). La diferencia de ratio bilateral pre-postoperatoria a 60°/s en el grupo experimental era una disminución del 5.7% mientras que un 13% en el control. A 120°/s en el grupo experimental la disminución era del 6.7% mientras que en el control de un 10.4%. Función: el grupo experimental mejoró el índice de asimetría de salto unipodal un 10.2% ($p = 0.029$) frente a un 4% del grupo control.
Shaarani et al. (2013) Ireland	GC: 14 H GE: 9 H Adultos (18 – 45 años) Físicamente activos	GC: sin intervención. GE: fuerza cuádriceps, equilibrio, propiocepción.	Fuerza máxima (dinamómetro isocinético) Función (Single Hop Test) Pre-test: - 6 semanas antes de la operación. -Antes de la operación de LCA. Post-test: 12 semanas después de la operación.	Fuerza: el pico de fuerza en el cuádriceps del miembro lesionado mejoró comparado con pre-test ($p = 0.001$). Sin embargo, este incremento no fue significativo comparado con el grupo control. Función: la media de las puntuaciones de Single Hop Test fueron más altas preoperatoriamente en el grupo experimental que en el grupo control (183 vs 156, $p = 0.001$). 12 semanas después de la operación, el índice de asimetría en el Single Hop Test fue reducido en el grupo experimental un 6,5% más que en el grupo control ($p = 0.001$).

GC, grupo control; GCS: grupo control sano; GE, grupo experimental; H, hombres; M, mujeres; LCA, ligamento cruzado anterior; PEDro, Physiotherapy Evidence Database