



Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

***Eficacia de la electroestimulación
neuromuscular en deportistas durante la
fase de fortalecimiento en la recuperación
postquirúrgica de ligamento cruzado
anterior.***

Alumno: Ester Cáceres Romero

Tutor: Néstor Pérez Mallada

Madrid, mayo de 2017

Índice

Glosario de términos	3
Glosario de tablas y figuras	4
Tablas	4
Figuras	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
Antecedentes y estado actual del tema	8
Evaluación de la evidencia	20
Objetivos del estudio	22
Objetivo principal	22
Objetivo secundario	22
Hipótesis conceptual	23
Metodología	24
Diseño.....	24
Sujetos del estudio	25
Variables.....	29
Hipótesis operativas.....	31
Recogida	33
Análisis de datos.....	33
Limitaciones del estudio.....	35
Equipo investigador.....	36
Plan de trabajo	37
Diseño de la intervención.....	37
Etapas de desarrollo.....	42
Distribución de tareas	43
Lugar de realización del proyecto	44
Bibliografía	45
Anexos	52

Glosario de términos

<i>Abreviaturas</i>	<i>Significado</i>
<i>AVD</i>	Actividades de la vida diaria
<i>CCA</i>	Cadena cinética abierta
<i>CCC</i>	Cadena cinética cerrada
<i>Compex®</i>	“Computerized Muscle Pocket Exerciser”
<i>EENM</i>	Electroestimulación neuromuscular
<i>EVA</i>	Escala Visual Analógica
<i>FMI</i>	Fuerza máxima isocinética
<i>Hz</i>	Hercio
<i>IKDC</i>	“International Knee Documentation Committee”
<i>J</i>	Julios
<i>KOOS</i>	“Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score”
<i>LCA</i>	Ligamento cruzado anterior
<i>mA</i>	Miliamperios
<i>MOON</i>	“Multicenter Orthopaedics Outcomes Network”
<i>Nm</i>	Newton-metro
<i>RM</i>	Repetición máxima
<i>ROM</i>	Rango articular de movimiento
<i>W</i>	Vatios
<i>WOMAC</i>	“Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index”
<i>μs</i>	Microsegundos
<i>%seg</i>	Grados por segundo

Glosario de tablas y figuras

Tablas

<i>Tabla</i>	<i>Fuente</i>	<i>Página</i>
1. <i>Comparación epidemiológica de las lesiones de LCA.</i>	Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. J Athl Train 2013 Nov-Dec;48(6):810-817 (12)	9
2. <i>Práctica deportiva semanal.</i>	Subdirección General de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Encuesta de Hábitos Deportivos en España. Consejo Superior de Deportes 2015 diciembre (42)	17
3. <i>Estrategia de búsqueda.</i>	Elaboración propia.	20
4. <i>Criterios de selección.</i>	Elaboración propia.	25
5. <i>Nivel de significación y poder estadístico. Cálculo muestral.</i>	Elaboración propia.	26
6. <i>Datos para la obtención del cálculo muestral, variable FMI de cuádriceps e isquiotibiales.</i>	Czaplicki A, Jarocka M, Walawski J. Isokinetic Identification of Knee Joint Torques before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. PLoS ONE 2015;10(12). (50)	27
7. <i>Datos para la obtención del cálculo muestral, variable funcionalidad.</i>	Balazs GC, Grimm PD, Donohue MA, Keblish DJ, Rue J. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Military Personnel. J Knee Surg 2016 Aug;29 (6):464-470. (52)	28
8. <i>Variables dependientes.</i>	Elaboración propia.	30
9. <i>Variables independientes.</i>	Elaboración propia.	31
10. <i>Equipo investigador.</i>	Elaboración propia.	36
11. <i>Plan de ejercicios.</i>	Elaboración propia.	40
12. <i>Etapas de desarrollo del estudio.</i>	Elaboración propia.	42
13. <i>Desarrollo de los grupos.</i>	Elaboración propia.	43
14. <i>Estimación de la jornada laboral.</i>	Elaboración propia.	44

Figuras

<i>Figura</i>	<i>Fuente</i>	<i>Página</i>
1. <i>Porcentaje de lesiones de LCA que resultan en intervención quirúrgica.</i>	Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. J Athl Train 2013 Nov-Dec;48(6):810-817 (12)	10
2. <i>Diagrama de flujo.</i>	Elaboración propia.	21
3. <i>Diseño del estudio.</i>	Elaboración propia.	24
4. <i>Ubicación de la clínica de fisioterapia.</i>	Google maps; Available at: www.google.es > maps	45
5. <i>Ubicación de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia "San Juan de Dios".</i>	Google maps; Available at: www.google.es > maps	45
6. <i>Sentadillas.</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	80
7. <i>Sentadilla en pared.</i>	Wall sit exercise. 2016; Available at: http://www.express.co.uk/pictures/galleries/9774/gym-exercises-workout-explained-muscles-pictures .	80
8. <i>"Step-ups".</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	81
9. <i>Zancadas.</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	81
10. <i>"Shuttles"</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	82
11. <i>Extensión de rodillas.</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	82
12. <i>Prensa de piernas.</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	83
13. <i>"Curl" de isquiotibiales.</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	83
14. <i>Ejercicios de propiocepción.</i>	Aplicación iMuscle 2. 3D4MEDICAL.	85
15. <i>Máquinas de entrenamiento cardiopulmonar.</i>	TechnoGym®; Available at: www.technogym.com	85

Resumen

Antecedentes Las roturas de ligamento cruzado anterior tienen una prevalencia de 3 de cada 10.000 habitantes al año y un 83,4% de ellas están relacionadas con la práctica deportiva. Tras la operación, un 82% de los intervenidos retoma la actividad deportiva y solo un 63% recupera su nivel preoperatorio de actividad. La fase de fortalecimiento en la recuperación postquirúrgica del ligamento cruzado anterior es determinante en el porvenir de la rodilla intervenida.

Objetivo Evaluar la eficacia de la aplicación de electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis La electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual aumenta el momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps e isquiotibiales y mejora la funcionalidad en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Variables Dependientes: momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps, momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales (medidas mediante dinamómetro isocinético) y funcionalidad (medida mediante el cuestionario KOOS). Independientes: sexo y edad.

Metodología Estudio experimental, analítico, a doble ciego modificado. 286 sujetos tras cálculo muestral, aleatorizados en dos grupos.

Plan de trabajo Grupo control, tratamiento habitual. Grupo intervención, aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual. Análisis pre-post por muestras relacionadas y posterior análisis de muestras no relacionadas de ambos grupos, todo ello, tras análisis de la normalidad y presentación de los datos por distribución de frecuencia.

Palabras clave “Ligamento cruzado anterior”, “Reconstrucción”, “Fortalecimiento”, “Electroestimulación neuromuscular”, “Dinamometría isocinética”.

Abstract

Background Anterior cruciate ligament ruptures have a prevalence of 3 out of every 10,000 inhabitants per year and 83.4% of them are related to sports practice. After surgery, 82% of the patients returned to sports participation and only 63% returned to their preinjury level of participation. The strengthening phase in the post-surgical recovery of the anterior cruciate ligament is decisive in the future of the knee.

Objective To evaluate the efficacy of the neuromuscular electrostimulation in athletes during the strengthening phase in the post-surgical recovery of the anterior cruciate ligament.

Hypothesis Neuromuscular electrostimulation during the usual treatment increases the isokinetic quadriceps and hamstrings peak torques and improves the physical functionality in athletes in the strengthening phase of the post-surgical recovery of the anterior cruciate ligament.

Variables Dependents: isokinetic quadriceps peak torque, isokinetic hamstrings peak torque (measured by isokinetic dynamometer) and physical functionality (measured by KOOS questionnaire). Independents: sex and age.

Methodology Experimental, analytical, modified double-blind study. 286 subjects after sample calculation, randomized into two groups.

Workplan Control group, usual treatment. Intervention group, enforcement of neuromuscular electrostimulation during the usual treatment. Pre-post analysis by related samples and subsequent analysis of unrelated samples of both groups, all of this, after normality analysis and data presentation by frequency distribution.

Keywords "Anterior Cruciate Ligament", "Reconstruction", "Strengthening", "Electrical Stimulation", "Isokinetic dynamometry"

Antecedentes y estado actual del tema

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura fibrosa intraarticular de la rodilla con una media de 30 mm de longitud y 10 mm de anchura. Se origina posterolateralmente en el área intercondílea del fémur y emerge anteriormente insertándose en la eminencia intercondílea de la tibia. Su principal función es proveer estabilidad a la rodilla resistiendo la hiperextensión, la traslación anterior de la tibia y las cargas rotacionales. (1)

La lesión del LCA se produce por combinación de movimientos: aducción y rotación interna de fémur con flexión de rodilla, o, rotación tibial con valgo de tobillo y pie. Incrementándose el riesgo de lesión cuando el pie queda fijado en el suelo y la rodilla realiza abducción con la cadera en flexión. También existe gran riesgo de rotura durante la deceleración del miembro inferior con contracción máxima de cuádriceps. Los incidentes producidos durante la práctica de deportes de contacto provocan habitualmente esta lesión, sin embargo, la rotura del LCA es resultado de una combinación de movimientos sin traumatismo directo un 80% de las ocasiones. (2,3)

Existen factores de riesgo intrínsecos y extrínsecos relacionados con la rotura del LCA. Los factores intrínsecos incluyen: el sexo femenino, con una prevalencia de 2 a 8 veces mayor que el sexo masculino (aumentando el riesgo durante la fase preovulatoria del ciclo menstrual debido a los efectos hormonales del estrógeno, como la reducción de la resistencia ligamentosa o disminución del control motor por su influencia en el sistema nervioso central); el deporte profesional, debido al estrés, la fatiga y el grado de exigencia de la competición (los jugadores profesionales de baloncesto, fútbol y otros deportes de alta intensidad tienen una incidencia anual de 0.15% - 3.7%); la dorsiflexión de tobillo limitada ($<10^\circ$) que reduce un 50% el periodo de apoyo plantar total disminuyendo la capacidad de contracción y absorción de fuerzas de los gastrocnemios y aumentando el estrés articular de la rodilla; la variabilidad de la activación neuromuscular, una conducción nerviosa más lenta dificulta la activación α - γ , lo que deteriora el control motor sobre la articulación; un área intercondílea más pequeña (<17 mm), favorece el pinzamiento ligamentoso; una pendiente tibial posterior más pronunciada ($>10^\circ$) aumenta un 18% la probabilidad de lesión; y la genética, el gen COL1A1 codifica una cadena proteica dentro del colágeno tipo I, importante componente estructural de los ligamentos, y las mutaciones en él conforman un factor predisponente a la lesión ligamentosa. (3-9)

Los factores extrínsecos incluyen: el tipo de calzado y su interacción con el terreno, las condiciones climáticas y la participación en deportes que impliquen cambiar de dirección, decelerar, saltar, pivotar o cortar, como el fútbol, el baloncesto o el esquí. El calzado deportivo con mayor número y longitud de tacos aumenta la resistencia a la torsión y está asociado a

mayor tasa de lesiones de LCA. En cuanto a interacción con la superficie se ha demostrado que, en deportes de interior, hay mayor riesgo de lesión en suelos sintéticos que en suelos de madera, mientras que, en deportes de exterior, el riesgo es mayor sobre césped artificial que sobre hierba natural. En lo relativo a las condiciones climáticas, altas tasas de evaporación (riesgo relativo 2,8 y 2,5) y escasez de lluvias (riesgo relativo 1,93 y 2,87) se han asociado a mayor tasa de lesión de LCA en la liga australiana de fútbol. (5,10)

Las roturas de LCA tienen una prevalencia de 3 de cada 10.000 habitantes al año. Un estudio de Andrew Arjun Sayampanathan determina que un 83,4% de las roturas de LCA están relacionadas con la práctica deportiva, siendo los deportes con mayor incidencia fútbol, baloncesto, volleyball y deportes de raqueta (bádminton, squash y tenis). (4,11)

En el estudio de Allan M. Joseph, se realiza una comparación epidemiológica de las lesiones de LCA en todos los deportes realizados en el instituto. Se invita a participar en el estudio a todos aquellos centros que tengan al menos un entrenador certificado por la Asociación Nacional de Entrenadores de Estados Unidos y se analiza la información de los años académicos 2007/08 - 2011/12. (12)

	ACL Injuries			AEs			Rate per 100 000 AEs			Rate Ratio (95% CI) ^b
	Competition	Practice	Total	Competition	Practice	Total	Competition	Practice	Total	
Sport										
Football	198	88	286	423 874	2 156 763	2 580 637	46.7	4.1	11.1	11.5 (8.91, 14.72)
Boys' soccer	35	9	44	271 345	643 206	914 551	12.9	1.4	4.8	9.2 (4.43, 19.18)
Girls' soccer	83	13	96	235 938	550 355	786 293	35.2	2.4	12.2	14.9 (8.30, 26.72)
Volleyball	15	5	20	284 625	556 983	841 608	5.3	0.9	2.4	5.9 (2.13, 16.15)
Boys' basketball	18	7	25	328 264	777 796	1 106 060	5.5	0.9	2.3	6.1 (2.55, 14.59)
Girls' basketball	71	21	92	267 297	627 094	894 391	26.6	3.3	10.3	7.9 (4.88, 12.91)
Wrestling	14	13	27	215 378	594 052	809 430	6.5	2.2	3.3	3.0 (1.40, 6.32)
Baseball ^c	3	3	6	304 200	557 764	861 964	1.0	0.5	0.7	1.8 (0.37, 9.08)
Softball	13	8	21	226 111	431 135	657 246	5.7	1.9	3.2	3.1 (1.28, 7.48)
Sex Comparable^d										
Boys	56	19	75	903 809	1 978 766	2 882 575	6.2	1.0	2.6	6.5 (3.84, 10.86)
Girls	167	42	209	729 346	1 608 584	2 337 930	22.9	2.6	8.9	8.8 (6.25, 12.30)
Total	450	167	617	2 557 032	6 895 148	9 452 180	17.6	2.4	6.5	7.3 (6.08, 8.68)
Boys	268	120	388	1 543 061	4 729 581	6 272 642	17.4	2.5	6.2	6.9 (5.52, 8.50)
Girls	182	47	229	1 013 971	2 165 567	3 179 538	17.9	2.2	7.2	8.3 (6.00, 11.40)

Tabla 1. Comparación epidemiológica de las lesiones de LCA.

Fuente: Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. (12)

Se demuestra que los deportistas tienen una probabilidad de lesión de LCA 7 veces mayor durante la competición que durante el entrenamiento. De las 9 categorías deportivas estudiadas, el fútbol americano es el que produce mayor número de lesiones de LCA, tanto en entrenamiento como en competición, y las mujeres tienen mayor porcentaje de lesión en todas las modalidades deportivas. (Tabla 1) Un 20,5% de las lesiones de rodilla son de LCA, representando un 3% sobre el total de lesiones, y un 76,6% de las lesiones de LCA se someten a intervención quirúrgica. (Figura 1) (12)

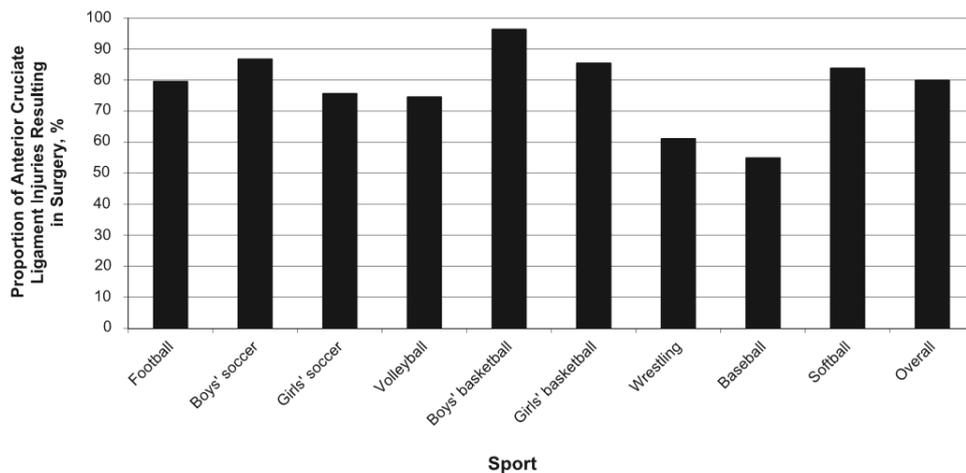


Figura 1. Porcentaje de lesiones de LCA que resultan en intervención quirúrgica.

Fuente: Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. (12)

La rotura del LCA se diagnostica mediante historia clínica, examen físico, tests diagnósticos específicos y pruebas de imagen (las radiografías y resonancias magnéticas tienen un papel primordial en la confirmación de los supuestos).

En la historia clínica se recoge la información relativa al mecanismo lesional y síntomas experimentados por el paciente. Habitualmente, se siente o escucha un “pop” cuando se produce la rotura del ligamento, seguido de debilidad y desarrollo de hemartrosis, provocada por la rotura de la arteria genicular media (aunque esto no ocurre si el ligamento se fractura en su inserción femoral). En el examen físico se compara la rodilla lesionada con la contralateral, se observa si existe inflamación, déficit de movimiento, erosión y derrame. Se debe examinar también rótula, meniscos, cápsula articular y ligamentos medial, lateral y cruzado posterior. Los test diagnósticos específicos de LCA son el test de Lachman, el test de cajón anterior y la maniobra “pivot shift”. (13)

Existen dos vías de actuación frente a la rotura del LCA: el tratamiento conservador, que se basa en trabajo de reeducación sensitivo perceptivo motriz y fortalecimiento en fisioterapia; y el tratamiento quirúrgico, que consiste en la reconstrucción del ligamento mediante injerto. (2)

El tratamiento quirúrgico es la elección preferida de los deportistas. Se realizan más de 200.000 reconstrucciones de LCA de media anual en todo el mundo, con una edad promedio de 29,4 años. La cirugía permite recuperar la estabilidad articular y reducir el riesgo de subluxación, lo que previene futuras lesiones de menisco y cartílago articular y evita la aparición temprana de osteoartritis. (2,11,14)

Actualmente existen dos opciones de plastia para el LCA: los autoinjertos y los aloinjertos. El injerto idóneo para realizar una ligamentoplastia del LCA debe cumplir ciertas características: conferir una fijación rígida y resistente, no sufrir movimiento dentro del túnel,

resistir cargas cíclicas e integrarse con facilidad. El autoinjerto sustituye el LCA con tejido obtenido de otra parte del cuerpo, siendo habitualmente el tendón rotuliano o tendones de la pata de ganso, debido a sus propiedades estructurales similares o incluso mejores que las del ligamento. El injerto con tendón rotuliano es la plastia más utilizada, proporciona una resistencia un 168% mayor que la de un LCA normal, sin embargo, puede producir dolor anterior de rodilla en la zona donante. Los tendones de la pata de ganso constituyen una buena alternativa, gracias a su resistencia y dimensiones, así como, el tendón del cuádriceps, cuyas propiedades permiten emplearlo en cirugías de doble fascículo. Sin embargo, los autoinjertos presentan ciertas desventajas, las cirugías son más largas, aumenta el riesgo de lesión en la estructura donante y favorece la alteración de los mecanismos de flexión y extensión. El aloinjerto utiliza tejidos procedentes de otro individuo de la misma especie, tales como, tendón rotuliano con dos patillas óseas en los extremos, tendón de Aquiles, tendón del tibial anterior, tendón del tibial posterior o tendón de los peroneos, que presentan dimensiones y resistencia adecuadas. Sin embargo, ofrece inconvenientes como la inmunogenicidad, el riesgo de transmisión de enfermedades, mayor demora en la incorporación y la disminución de las propiedades biomecánicas de la plastia por los procesos de esterilización y conservación del aloinjerto. (15)

Una revisión bibliográfica y meta-análisis de 16 estudios, 944 pacientes, con un seguimiento de 60,7 meses realizado por J. Kay, determina que la elección del injerto no tiene una influencia significativa en el retorno al nivel previo de actividad deportiva. El porcentaje de recuperación del nivel previo de actividad es de un 67% en los injertos autólogos de tendón rotuliano (hueso-tendón-hueso), un 55% para los autólogos de tendón de la pata de ganso y un 64% para los aloinjertos. (16)

Tras la reconstrucción del LCA comienza una larga y exigente rehabilitación que suele durar de 6 meses a 1 año. Un meta-análisis de 48 investigaciones, evaluando 5770 pacientes con un seguimiento de 41.5 meses realizado por Clare L. Ardern, determina que el 90% de los pacientes alcanzan la función normal de la rodilla en la evaluación del deterioro (medida con un artrómetro y 14 kg de resistencia) y el 85% en la evaluación de la actividad (medida mediante el cuestionario subjetivo del "International Knee Documentation Committee" (IKDC) que valora los síntomas, la función y la actividad deportiva) al finalizar su rehabilitación. Un 82% de los intervenidos retoma la actividad deportiva, un 63% recupera su nivel preoperatorio de actividad y un 44% regresa a la competición. Con un índice tan alto de funcionalidad y actividad, cabe destacar la importancia de los factores psicosociales, ya que influyen negativamente a la hora de retomar la práctica deportiva de alta intensidad. Otro estudio de Clare L Ardern, determina que las tres razones más comunes para no volver al nivel previo de

actividad son: la falta de confianza en la rodilla intervenida (28%), miedo a recaída (24%) y deficiente funcionalidad de rodilla (22%). (17,18)

Del mismo modo, es importante destacar el riesgo de recaída durante el primer año post-cirugía (con una probabilidad 16 veces superior en el sexo femenino). El riesgo de lesión del miembro contralateral es mayor (>10%) que el miembro operado (5%). Estos datos revelan la necesidad de entrenamiento neuromuscular bilateral y correcta biomecánica para reducir el riesgo de lesión, así como, la importancia de ser prudente al conceder el alta de fisioterapia si no se han cumplido estos objetivos. (19,20)

El estudio de Ryu Terauchi determina, mediante angiografía por resonancia magnética, que las cirugías de LCA realizadas mediante autoinjerto de los tendones de la pata de ganso alcanzan la revascularización alrededor de los túneles femorales y tibial dos meses después de la operación, a través de las arterias geniculares superior, media e inferior. El flujo sanguíneo se reduce progresivamente hasta igualarse a los demás ligamentos intraarticulares el sexto mes. Esta revascularización está involucrada en la integración de las nuevas inserciones tendinosas en el hueso y en la maduración del injerto entre los túneles. Para reanudar la actividad de alta intensidad, no solo es necesario acondicionar la musculatura, sino que se deben conocer los tiempos de maduración del nuevo tendón para no rasgar la estructura. (21)

La intervención quirúrgica suele realizarse en torno a 6 semanas después del diagnóstico, por ello, se debe realizar un acondicionamiento pre-quirúrgico con el objetivo de mejorar la capacidad funcional del individuo, reducir el estrés provocado por la inactividad y optimizar el miembro para la operación. El tratamiento, propuesto por Shahril R. Shaarani, consiste en fortalecimiento progresivo de miembro inferior (calculando la repetición máxima (RM) y realizando 3 series de 12 repeticiones en cada ejercicio con un aumento semanal de 10-15%) y entrenamiento neuromuscular propioceptivo (sobre superficie inestable). Los pacientes con rango articular de movimiento (ROM) completo en la rodilla afectada, ausencia o mínimo derrame y capacidad de ascenso de pierna con rodilla extendida, sin claudicación, tienen mejores resultados postquirúrgicos. El fortalecimiento de cuádriceps antes de la cirugía mejora los resultados en el cuestionario de funcionalidad IKDC 6 meses después de ésta. Dos años después, los pacientes que reciben prehabilitación tienen valores más altos en los cuestionarios IKDC y KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score), así como, un 72% de regreso a la actividad deportiva. (22-24)

Una vez realizada la intervención quirúrgica, la recuperación post-operatoria del LCA se divide en cuatro fases: la primera fase incluye el 1º mes, la segunda fase se extiende hasta el 3º mes, la tercera fase del 3º al 6º mes y la cuarta fase del 6º mes en adelante. (13)

El uso de una órtesis de rodilla después de la operación es un tema controvertido. Su función es restringir el ROM, resistir la tensión medial y lateral, proveer estabilidad y proteger la articulación. Sin embargo, revisiones bibliográficas de Tolga Saka y L.M. Kruse abaladas por numerosos estudios certifican que el uso de la órtesis después de la operación no asegura mejores resultados ni protección ante recaída, simplemente confiere una sensación subjetiva de seguridad. (25,26)

La primera fase comienza el día después de la operación y los objetivos en este periodo son minimizar el dolor y la tumefacción, evitar la formación de adherencias en la zona cicatricial, conseguir 120° de flexión y extensión completa y favorecer la funcionalidad y control muscular de cuádriceps, así como, un buen desplazamiento de la rótula durante la contracción. La extensión completa debe conseguirse la segunda semana de tratamiento, un 25,3% de los pacientes que tienen una diferencia de 5° de extensión pasiva con la rodilla no intervenida al final de esta fase desencadenan riesgo de artrofibrosis, debilidad de cuádriceps y peores resultados de actividad funcional de la rodilla hasta doce semanas después de la operación. (27,28)

La segunda fase comienza de 4 a 7 semanas después de la operación, sus objetivos son conseguir un ROM de flexión de rodilla completo y un índice de fuerza de cuádriceps del 80% respecto al contralateral. El tratamiento consta de fortalecimiento muscular y entrenamiento neuromuscular propioceptivo. La debilidad del cuádriceps puede superar el 20% 6 meses después de la operación y del 10 al 15% después de 1 año. Si se realiza un buen programa de fortalecimiento se reducen las diferencias entre ambos miembros y se consigue volver a los niveles preoperatorios de actividad 6 meses después de la reconstrucción, facilitando así el retorno a la actividad deportiva. (29)

La tercera fase comienza 3 meses después de la operación y su objetivo es el retorno a la actividad deportiva. La revisión sistemática de 49 estudios realizada por Joshua D. Harris determina que un 39% de las investigaciones abala el comienzo de carrera en línea recta 3 meses después de la intervención. Si la carrera no genera efectos adversos, como dolor o inflamación, se agregan progresivamente ejercicios de agilidad y pliometría. Los ejercicios de agilidad permiten la adaptación a actividades específicas del deporte, como cambiar de dirección, acelerar y decelerar. La pliometría mejora el control neuromuscular e integra habilidades específicas que se transfieren posteriormente en la práctica deportiva. Se debe trabajar la técnica de salto y aterrizaje para reducir el riesgo de recaída. (29,30)

La cuarta fase comienza 6 meses después de la operación y su objetivo es conseguir el nivel de actividad previo a la lesión. Un 67% de los estudios pertenecientes a la revisión sistemática de Joshua D. Harris, permiten la realización deportes que impliquen cambiar de

dirección, decelerar, saltar, pivotar o cortar a partir del sexto mes. El paciente retoma su actividad deportiva de manera progresiva y los criterios para comenzar la práctica de alta intensidad son: buen control neuromuscular de cuádriceps, ausencia de molestias funcionales, confianza en la carrera, salto y corte a alta velocidad y un 85% o más en el test de salto a una pierna. (30,31)

Si los objetivos no se consiguen al final de cada fase éstas deben alargarse, aumentando los tiempos orientativos de recuperación. Un estudio de cohortes realizado por Hege Grindem determina que un 30% los deportistas que vuelven a la práctica deportiva de primer nivel sufren recaída en los primeros dos años después de la cirugía de LCA, mientras que, aquellos que participan en deportes de menor nivel solo presentan un 8% de recaída. Cada mes que se retrasa el retorno al deporte competitivo, hasta 9 meses después de la operación, la probabilidad de recaída se reduce hasta un 51%. Cuanta mayor simetría en fuerza y biomecánica exista entre ambos miembros, menor es el porcentaje de recaída. Los fisioterapeutas deben informar a sus pacientes de los riesgos que existen al tomar la decisión de volver a la práctica deportiva. Es recomendable retrasar el retorno a la actividad deportiva de primer nivel hasta el noveno mes post-quirúrgico, cuando se consiga la misma fuerza muscular en ambos miembros. (32)

El “Multicenter Orthopaedics Outcomes Network” (MOON), es una institución formada por cirujanos ortopédicos de distintos centros que, junto con un comité de fisioterapeutas, ha desarrollado un protocolo de recuperación de LCA basado en la evidencia científica. Este protocolo ha sido establecido como tratamiento habitual durante 10 años en varios centros con grandes resultados, siendo una referencia en la recuperación de LCA para numerosos profesionales. (Anexo I) (33)

Las revisiones sistemáticas de Nicky Van Melick y L.M. Kruse defienden que el fortalecimiento excéntrico de cuádriceps e isocinético de isquiotibiales en cadena cinética cerrada (CCC), a partir de la tercera semana después de la operación del LCA, es más seguro y favorable para el aumento de fuerza muscular que el fortalecimiento concéntrico. (20,26)

Durante la contracción voluntaria de un músculo, la velocidad de contracción y la capacidad de ejercer tensión son inversamente proporcionales. Por lo tanto, la contracción excéntrica de un músculo, alejando sus inserciones musculares, es más lenta y genera mayor tensión. Cuando un músculo se contrae de este modo, el consumo de oxígeno rara vez duplica el valor de reposo y el requerimiento de energía disminuye sustancialmente en comparación con las contracciones concéntricas, debido a que la descomposición del ATP y la producción de calor se ralentizan. Por lo tanto, durante la contracción excéntrica ejerciendo la misma fuerza que en la contracción concéntrica, se requiere menos actividad muscular y se reduce

el consumo de oxígeno. Además, el aumento de temperatura generado durante el trabajo concéntrico produce un aumento del metabolismo celular, lo que genera más productos de desecho favoreciendo la irritación química de los nervios y el dolor. Un estudio de Mariana O. Gois, compara el ejercicio de resistencia concéntrico con el excéntrico sobre la fuerza y la adaptación cardiovascular después de la realización de los ejercicios. Los resultados demuestran que el grupo que se sometió a fortalecimiento excéntrico de cuádriceps consigue mayores niveles de fuerza y mejor adaptación cardiovascular después de la realización de los ejercicios que el grupo sometido a fortalecimiento concéntrico. (34,35)

El movimiento isocinético se define por la aplicación de una velocidad angular constante durante todo el recorrido articular, ya sea, concéntrico o excéntrico. En el ejercicio isocinético la resistencia se adapta a la fuerza externa opuesta, de forma que el músculo conserva el máximo rendimiento en la totalidad del ROM. Este trabajo favorece el desarrollo de reclutamiento, la exactitud en la aplicación de la fuerza y la disminución del tiempo de inervación recíproca agonista-antagonista. Las contracciones musculares son efectivas y se acomodan al dolor y a la fatiga. (36)

Los ejercicios en CCC ejercen resistencia en las áreas proximales y distales simultáneamente, mientras que el área distal de las extremidades superiores e inferiores se mantiene en una posición fija. Esta contracción simultánea de los músculos favorece la estabilidad dinámica. Cuando la contracción excéntrica predomina, se reducen las fuerzas de cizallamiento con la fuerza de compresión de la articulación, favoreciendo así la estabilidad articular. Además, los mecanorreceptores sensitivos responden a los cambios de presión en la cápsula articular y favorecen la propiocepción. La propiocepción tiene un papel importante en la inducción y realización de los movimientos voluntarios e involuntarios transmitiendo información básica a las áreas motoras implicadas en la regulación del equilibrio. En comparación con los ejercicios en cadena cinética abierta (CCA), el ejercicio en CCC permite una mayor movilización muscular, desarrollando eficazmente la fuerza del cuádriceps y los isquiotibiales, y estimula los mecanorreceptores, situados en los ligamentos, bursa y cápsula. Estos ejercicios son más seguros para la plastia, favorecen la propiocepción y fortalecen eficazmente los músculos involucrados en la movilidad de la rodilla. El estudio de Cho Sung-Hyoun, compara los ejercicios en CCC y CCA tras reconstrucción de LCA, dividiendo aleatoriamente a los sujetos de estudio en dos grupos. Se recogen los resultados del grado de dolor (mediante la EVA), el ROM (mediante goniometría), el perímetro del muslo (mediante cinta métrica) y la funcionalidad de rodilla (medida mediante el Tegner Lysholm Knee Scoring Scale) 3 y 6 meses después de la intervención quirúrgica. Existe una mejora significativa en todos los valores en ambos grupos, sin embargo, se obtienen mejores resultados en el grupo de CCC. (37,38)

La EENM es una herramienta clínica que permite mejorar el déficit de activación muscular mediante la estimulación de potenciales de acción en las ramas nerviosas intramusculares, provocando una contracción involuntaria del músculo. Gracias a la estimulación exógena del músculo, las fibras musculares de gran diámetro (tipo II) pueden ser reclutadas selectivamente suponiendo un mayor potencial para la producción de fuerza muscular. (39)

La revisión sistemática de Andre Filipovic estudia los diferentes regímenes de entrenamiento y parámetros de EENM propuestos por 89 investigadores para determinar su efectividad en el entrenamiento de fuerza. Un 75% de los estudios tienen como objetivo la medición del miembro inferior, siendo el músculo cuádriceps el más evaluado (60%). La máquina de electroestimulación más utilizada es la Compex® (Computerized Muscle Pocket Exerciser) (37%), antes de su creación en 1994, la máquina más utilizada era la Electrostim 180® (28%). Los últimos estudios, utilizan las máquinas de EENM de cuerpo completo como la Bodytransformer® o la Miha Bodytec®. El tipo de impulso seleccionado en el 40% de los estudios fue el bifásico, mientras que el monofásico, solo se utiliza en un 12%. El 21% de los estudios utiliza la corriente rusa (utilizando la máquina Electrostim 180®), aunque cabe destacar que, un 67% de los estudios publicados después de 1994, utilizan la corriente bifásica. La revisión concluye que, independientemente del método de aplicación de la EENM, la intensidad debe ser ≤ 50 miliamperios (mA) con una frecuencia aproximada de 75 hertzios (Hz) y un ancho de impulso de 300 microsegundos (μ s), si se desean provocar adaptaciones musculares. Una proporción temporal de estimulación de 3-10 segundos (20-25% de ciclo de trabajo) es suficiente para aumentar la fuerza máxima, la potencia, la capacidad de salto y la velocidad en deportistas habituales y de élite. Se obtiene una mejora significativa de la fuerza, gracias a la aplicación de EENM, con un tratamiento de 4 semanas de duración a 3 sesiones por semana. (40)

La combinación de EENM durante el ejercicio de contracción voluntaria, recluta mayor número de unidades motoras y activa fibras de contracción rápida (tipo II) a niveles de fuerza relativamente bajos. El estudio realizado por Nicolas Wirtz, evalúa los efectos de la aplicación de EENM durante la realización de sentadillas sobre el rendimiento físico (fuerza, potencia, sprint y salto). Participan veinte atletas de diferentes disciplinas y se dividen en dos grupos, intervención (fortalecimiento con EENM) y control (fortalecimiento). Ambos grupos realizan el mismo programa de entrenamiento (4 series de 10 repeticiones de sentadillas), 2 veces por semana durante 6 semanas. El grupo intervención recibe EENM en los músculos de la pierna y el tronco. Los parámetros escogidos para la EENM durante el entrenamiento son: intensidad a 70% del umbral de dolor máximo (0-120 mA), frecuencia de impulso 85 Hz y ancho de pulso a 350 μ s. La corriente establecida es bifásica rectangular con una relación 1:5 segundos entre

impulsos. Todos los sujetos del estudio obtienen mejoría en fuerza, potencia y salto, sin embargo, no se obtienen mejorías en sprint lineal. Se destaca una mejoría significativa de rendimiento de los músculos isquiotibiales, en el grupo intervención. (41)

Según la encuesta de hábitos deportivos en España más reciente (diciembre de 2015), publicada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, la tendencia de práctica deportiva ha aumentado notablemente de 2010 a 2015, de un 37% a un 46,2%. Destacamos la práctica deportiva en la Comunidad de Madrid, sobre la cual basaremos nuestro proyecto, ya que ha incrementado su porcentaje de 42,9% a un 50,5% (siendo la cuarta comunidad autónoma en práctica deportiva detrás de Islas Baleares (54,2%), Navarra (53,3%) y Cataluña (50,6%)) (42)

	2010	2015
PRÁCTICA DEPORTIVA SEMANAL		
<i>(En porcentaje de la población total investigada de cada colectivo)</i>		
TOTAL	37,0	46,2
SEXO		
Hombres	45,5	50,4
Mujeres	28,8	42,1
EDAD		
De 15 a 24 años	57,9	76,1
De 25 a 54 años	40,2	53,2
De 55 y más años	22,2	26,0
NIVEL DE ESTUDIOS		
Educación primaria, secundaria	33,2	39,4
Educación superior o equivalente	54,9	64,1
COMUNIDAD AUTÓNOMA		
Andalucía	33,6	45,7
Aragón	37,2	42,2
Asturias (Principado de)	31,9	40,1
Balears (Illes)	43,6	54,2
Canarias	39,0	46,8
Cantabria	32,1	44,2
Castilla y León	32,4	40,9
Castilla-La Mancha	36,4	38,6
Cataluña	39,2	50,6
Comunitat Valenciana	38,7	47,0
Extremadura	28,8	41,1
Galicia	30,1	37,4
Madrid (Comunidad de)	42,9	50,5
Murcia (Región de)	35,6	43,2
Navarra (Comunidad Foral de)	42,9	53,3
País Vasco	37,6	46,9
Rioja (La)	43,0	45,0
Ceuta y Melilla	34,7	46,7

Tabla 2. Práctica deportiva semanal.

Fuente: Subdirección General de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Encuesta de Hábitos Deportivos en España. (42)

El instrumento más fiable para la medición de fuerza es el dinamómetro isocinético. Este sistema de evaluación isocinético está formado por tres elementos: un goniómetro, que mide el ROM; un taquímetro, que indica la velocidad del movimiento, y un dinamómetro, que calcula el valor del momento de fuerza desarrollado en cada instante. Mediante la evaluación

isocinética, se valora la fuerza muscular dinámica ejercida en un rango de movimiento determinado a una velocidad constante y programable. Los parámetros estudiados son: el torque máximo, resultado del esfuerzo multiplicado por la distancia, expresado en newtonmetro (Nm); el trabajo muscular, fuerza ejercida por distancia de desplazamiento, expresado en julios (J) y, la potencia, trabajo producido por tiempo empleado, expresado en vatios (W). Una vez determinados estos parámetros, se puede obtener el estado de fuerza muscular y el porcentaje de déficit respecto a los resultados obtenidos en el miembro contralateral. (43)

El estudio de H. M. Tlatoa Ramírez, utiliza el dinamómetro isocinético para evaluar el torque máximo absoluto y el índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales. Para ello, establece valores de referencia para ambas variables a una velocidad angular de 120 grados/segundo ($^{\circ}/\text{seg}$). En el estudio se recoge a 272 futbolistas profesionales, entre el año 2007 y 2012, y, después de 10-15 minutos de calentamiento, se evalúa la fuerza máxima de cuádriceps e isquiotibiales a una velocidad angular de 120 $^{\circ}/\text{seg}$. La proporción de fuerza ideal entre cuádriceps e isquiotibiales es 1, esto indica que la musculatura encargada de la flexión puede resistir la fuerza que provoca la extensión (variándose esta proporción con el ángulo articular). El torque máximo absoluto obtenido en el cuádriceps de la rodilla derecha es de $206 \pm 28,3$ Nm y el de rodilla izquierda es de $205,1 \pm 35,8$ Nm. Así como, el torque máximo absoluto recogido en los isquiotibiales de la rodilla derecha es de $151,4 \pm 26,5$ Nm y en la rodilla izquierda de $148,5 \pm 22,8$ Nm. Este estudio certifica que la relación cuádriceps/isquiotibiales de los futbolistas profesionales evaluados se aproxima a la unidad a una velocidad angular de 120 grados, siendo los porteros los que obtuvieron los valores más altos debido a su posición de juego. (36)

Otro estudio, realizado por Erik Hohmann, utiliza la dinamometría isocinética para investigar la relación entre la fuerza muscular ejercida en la flexión y la extensión de rodilla, y la funcionalidad, antes y después de la intervención quirúrgica de LCA. Para ello, mide el momento de fuerza isocinética concéntrica y excéntrica máxima de flexión y extensión a tres velocidades: 60 $^{\circ}/\text{s}$, 120 $^{\circ}/\text{s}$ y 180 $^{\circ}/\text{s}$; y el momento de fuerza isométrica máxima a los 30 $^{\circ}$ y a los 60 $^{\circ}$ de flexión de rodilla. Se evalúan ambos miembros para calcular el índice de simetría. Para medir la funcionalidad, el investigador utiliza la escala para rodilla de Cincinnati. Los resultados de este estudio sugieren que ni el torque máximo en flexión ni el torque máximo en extensión presentan relación con la funcionalidad antes de la operación de rodilla, mientras que el índice de simetría entre ambos miembros sí. Tras la intervención quirúrgica de LCA, el índice de simetría no presenta relación con la funcionalidad, mientras que, el torque máximo isocinético concéntrico tanto en flexión como en extensión e isométrico sí presentan relación. (44)

El “Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score” (KOOS), es un instrumento específico de medición desarrollado con el propósito de evaluar los síntomas a corto y largo plazo y la funcionalidad en pacientes con una variedad de lesiones de rodilla que pueden desencadenar osteoartritis. Este instrumento es una extensión del índice de osteoartritis de las universidades Western Ontario y McMaster (WOMAC). El KOOS está compuesto por 42 ítems dentro de 5 subescalas: dolor (9 ítems), otros síntomas (7 ítems), actividades de la vida diaria (AVD; 17 ítems), deportes y recreación (5 ítems) y calidad de vida en relación con la rodilla (4 ítems). Ha sido validado para la evaluación tras reconstrucción del LCA y tiene una consistencia interna entre 0,71 y 0,95 y una correlación test-retest de 0,75 a 0,93. (45,46)

Javier Vaquero, propone una traducción del KOOS a lengua española (anexo II), para ello, realiza un estudio en el que reúne a 20 pacientes sometidos a artroscopia de rodilla y evalúa los síntomas y funcionalidad mediante el nuevo documento. No surgen problemas de comprensión ni redundancia en los ítems a completar. El valor alfa de Cronbach del cuestionario es $> 0,7$ en todas las subescalas del KOOS, excepto en el apartado síntomas, y la fiabilidad test-retest adquiere un valor superior a 0,8 en todas las subescalas. (47)

Un estudio prospectivo aleatorizado, realizado por Shizuka Sasaki, compara los resultados clínicos objetivos y subjetivos relativos al tipo de intervención quirúrgica de LCA (simple o doble fascículo). Para evaluar los conceptos subjetivos como dolor, funcionalidad y calidad de vida utiliza el KOOS, obteniendo que la edad, el sexo, la lesión meniscal asociada y el índice de masa corporal influyen en las puntuaciones de las distintas subescalas, mientras que la técnica quirúrgica no. (48)

Otro estudio, realizado por Lina H. Ingelsrud, analiza la proporción de pacientes que experimentan éxito o fracaso de tratamiento y su asociación a los valores del KOOS, obtenidos a los 6 y 24 meses de la intervención quirúrgica de LCA. Los resultados postoperatorios del KOOS en los pacientes que refieren buena sintomatología oscilan entre 72 y 95, mientras que, los resultados de los pacientes que padecen complicaciones oscilan entre 28 y 71. Las subescalas que recibe los peores resultados en ambos grupos son la de deporte y recreación y la de calidad de vida. Por otro lado, la subescala con los valores más altos es la de AVD. Solo la mitad de los pacientes a los seis meses y dos tercios en el primer y segundo año, perciben que el tratamiento postoperatorio ha tenido éxito, refiriendo leves dificultades o ninguna dificultad. (49)

Evaluación de la evidencia

Se realiza una revisión bibliográfica, del 22 de septiembre de 2016 a 15 de enero de 2017, en las bases de datos de interés: Publisher Medline (PubMed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro), EBSCO (MEDLINE, CINAHL y Academic Search Complete) y Science Direct. Se incluyen artículos publicados en los últimos 5 años, en lengua española e inglesa. Los términos libres utilizados en la estrategia de búsqueda fueron: “anterior cruciate ligament reconstruction”, “electrical stimulation”, “muscle strengthening”, “physical therapy”, “closed kinetic chain” y “isokinetic dynamometry”.

<i>Términos de búsqueda</i>	<i>PubMed</i>	<i>EBSCO</i>	<i>PEDro</i>	<i>Science direct</i>
1. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Electrical stimulation”	6	19	6	11
2. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Muscle strengthening”	9	19	2	20
3. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Physical Therapy”	189	362	4	48
4. “Muscle strengthening” AND “Electrical stimulation”	48	133	20	37
5. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Closed kinetic chain”	5	18	3	11
6. “Muscle strengthening” AND “Closed kinetic chain”	7	110	1	36
16. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Electrical stimulation” AND “Muscle strengthening”	1	2	1	2
17. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Muscle strengthening” AND “Physical therapy”	1	5	0	9
18. “Anterior cruciate ligament reconstruction” AND “Isokinetic dynamometry”	8	12	0	30

Tabla 3. Estrategia de búsqueda.

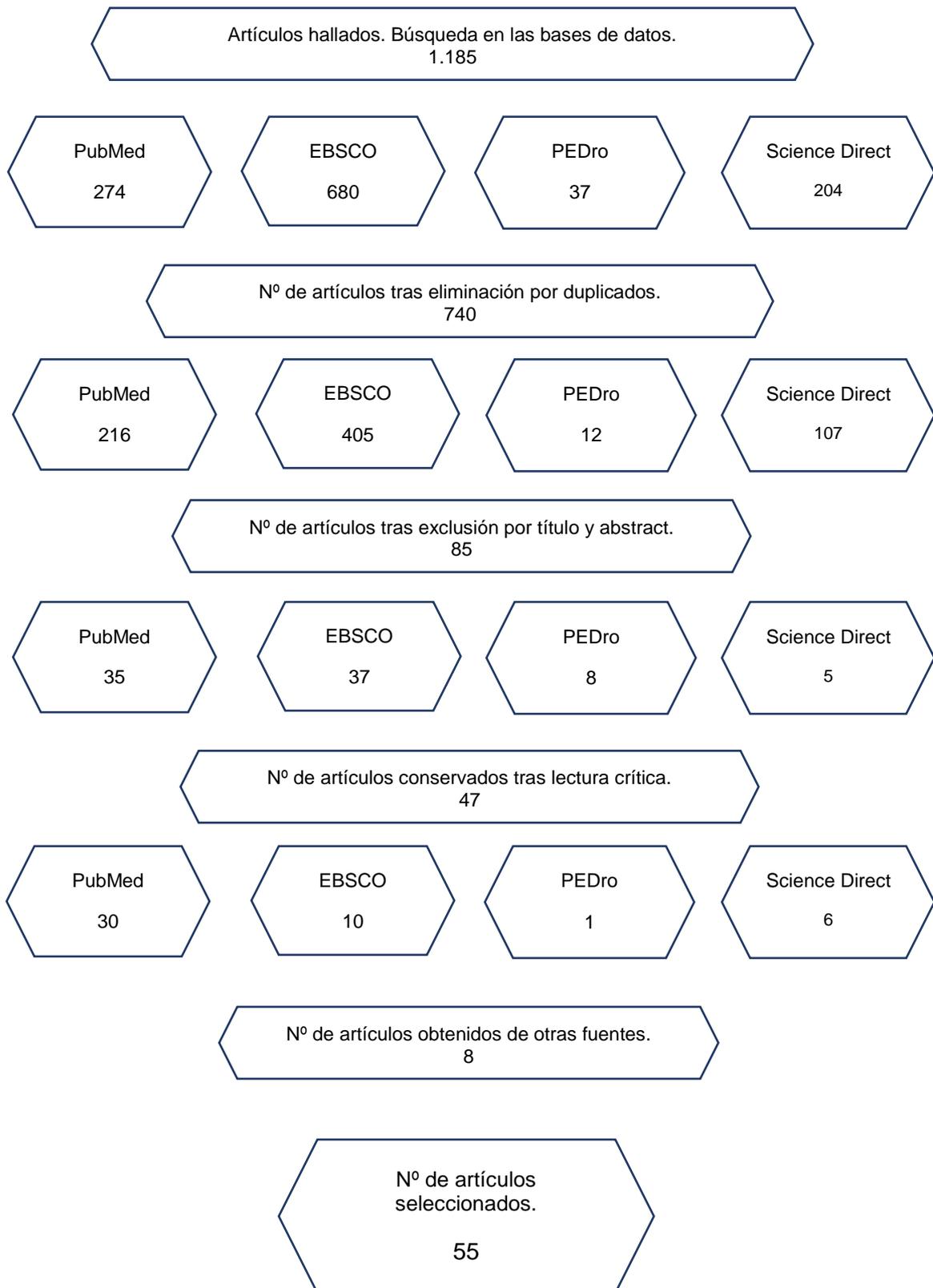


Figura 2. Diagrama de flujo.

Objetivos del estudio

Objetivo principal

Evaluar la eficacia de la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual comparada con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Objetivo secundario

Valorar los cambios en el momento de fuerza máxima isocinética del cuádriceps resultante de la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual comparada con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Valorar los cambios en el momento de fuerza máxima isocinética de los isquiotibiales resultante de la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual comparada con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Determinar la funcionalidad de rodilla derivada de la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual comparada con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Evaluar la influencia de la edad y el sexo en el momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps, el momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales y la funcionalidad en la aplicación electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual, comparada con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis conceptual

La electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual aumenta el momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps e isquiotibiales y mejora la funcionalidad en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Metodología

Diseño

Estudio experimental, analítico a doble ciego modificado (tanto el investigador encargado de evaluar como el encargado de la estadística desconocen la intervención recibida).

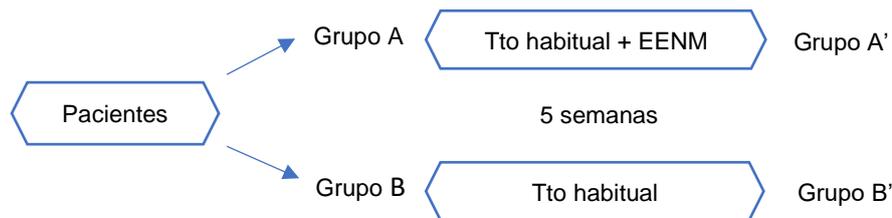


Figura 3. Diseño del estudio.

El grupo intervención (grupo A) recibe la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual, mientras que el grupo control (grupo B) recibe únicamente el tratamiento habitual.

Se cumplen los requisitos jurídico-éticos sobre investigación clínica en seres humanos de la Declaración de Helsinki (aprobada en 1964 por la Asamblea Médica Mundial).

Se presenta el estudio al comité ético de investigación clínica de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios” (Universidad Pontificia Comillas) y a un comité de ética clínica acreditado.

Los sujetos del estudio reciben una hoja de información al paciente (anexo III) y un consentimiento informado (anexo IV), que deberán leer y firmar antes de comenzar el estudio.

Se garantiza la protección de datos personales mediante la creación de una base de datos anónima, en la que cada sujeto tiene una clave asignada que solo conoce el investigador principal. Todos los datos recogidos para el proyecto serán tratados con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la “Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal”.

Sujetos del estudio

La población de referencia recoge pacientes de 18 a 65 años que han sufrido rotura de ligamento cruzado anterior y posterior cirugía de reconstrucción en hospitales públicos de la Comunidad de Madrid. La población de estudio fue definida por los siguientes criterios de selección:

<i>Criterios de inclusión</i>	<i>Criterios de exclusión</i>
Edad: 18-65 años	Historial de cirugía o lesión en el miembro inferior intervenido.
Intervención quirúrgica unilateral de LCA.	Historial de cirugía o lesión en el miembro inferior contralateral.
Práctica deportiva mínimo 3 veces por semana.	Patología cardiovascular.
Adscripción al Sistema Madrileño de Salud y autorización del cirujano para el ejercicio activo y la electroestimulación neuromuscular.	Período de gestación.
Cumplimiento de los criterios clínicos para la progresión a la 3ª fase del protocolo de recuperación postquirúrgica del MOON, 7 semanas después de la operación.	Alteración neurológica.
<ul style="list-style-type: none"> - ROM completo. - Dolor / Inflamación mínimo. - Fuerza y control funcional en las AVD. - Puntuación ≥ 7 en la pregunta 10 del IKDC (escala de funcionalidad global). 	Trastornos hormonales. Consumo de fármacos: <ul style="list-style-type: none"> - Ansiolíticos. - Anabolizantes. - Analgésicos narcóticos.
	Presentar alguna contraindicación para la aplicación de electroterapia (especificada en la hoja de información al paciente, anexo III).

Tabla 4. Criterios de selección.

Método de muestreo

La población diana se recoge en los distintos hospitales públicos de la Comunidad de Madrid por el investigador principal, según los criterios establecidos. Tras la entrega de la hoja de información al paciente y la cumplimentación del consentimiento informado, se recluta la muestra y se divide en dos grupos (intervención y control) de manera aleatoria.

Se lleva a cabo un muestreo probabilístico aleatorio simple mediante un programa de número aleatorios de Excel MS Office 2016®, elaborado por el estadístico.

Tamaño muestral

Este estudio determina el tamaño muestral mediante la fórmula de comparación de medias, la cual permite comparar de manera fiable el grupo control con el grupo intervención:

$$n = \frac{2K * SD^2}{d^2}$$

n: tamaño de la muestra
SD: Desviación típica
d: precisión (amplitud del intervalo de confianza)

“K” es una constante dependiente del nivel de significación y de la potencia estadística. Este valor que viene dado por la siguiente tabla:

<i>Poder estadístico (1-β)</i>	<i>Nivel de significación (α)</i>		
	<i>5%</i>	<i>1%</i>	<i>0,10%</i>
<i>80%</i>	7,8	11,7	17,1
<i>90%</i>	10,5	14,9	20,9
<i>95%</i>	13	17,8	24,3
<i>99%</i>	18,4	24,1	31,6

Tabla 5. Nivel de significación y poder estadístico. Cálculo muestral.

Este estudio establece el valor de “K” en 7,8 (tabla 5), por el nivel de confianza 0,05 (probabilidad de error) y el poder estadístico del 80% (datos predeterminados por consenso).

Los datos necesarios para la realización del cálculo muestral de las variables momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps y de isquiotibiales se recogen del estudio de Adam Czaplicki (50)

Table 1. Mean peak torque (Nm) for knee extension and flexion recorded at the velocity of 60 deg/s in consecutive stages of rehabilitation.

	Extension			Flexion		
	ACLR	Uninvolved	Difference	ACLR	Uninvolved	Difference
Stage 1	150.99 ± 42.87 ¹ →	←206.83 ± 45.37	26%	-83.45 ± 20.69 ^{3,4} →	← -100.54 ± 26.19	17%
Stage 2	131.06 ± 43.35 ^{3,4} →	←208.00 ± 41.68	37%	-84.01 ± 22.88 ^{3,4} →	← -103.72 ± 23.72	19%
Stage 3	166.55 ± 48.11 ² →	←213.50 ± 40.51	22%	-99.25 ± 23.03 ^{1,2}	-107.88 ± 25.03	8%
Stage 4	186.80 ± 39.19 ^{1,2} →	←219.84 ± 36.62	15%	-105.99 ± 20.88 ^{1,2}	-110.41 ± 21.75	4%

The upper index indicates a stage with a significantly different ($p \leq 0.05$) mean peak torque; → ← indicates a significant difference between the two limbs at a particular stage of rehabilitation.

Tabla 6. Datos para la obtención del cálculo muestral, variables FMI de cuádriceps e isquiotibiales.

Fuente: Czaplicki A, Jarocka M, Walawski J. Isokinetic Identification of Knee Joint Torques before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. (50)

Cuádriceps

El momento de fuerza máxima isocinética (FMI) a velocidad de 60°/s de extensión de rodilla es 166,55 Nm y su desviación típica (SD) 48,11.

La precisión (d) puede tomar dos valores: la diferencia entre la medición pre y post (166,55 – 131,06 = 35,49) o el coeficiente de variación utilizado por consenso en los estudios de dinamometría en biomecánica (10% de 166,55 = 16,65). (51)

$$d_1 = 35,49$$

$$\frac{2 * 7,8 * 48,11^2}{35,49^2} = 28,67$$

$$d_2 = 16,65$$

$$\frac{2 * 7,8 * 48,11^2}{16,65^2} = 130,24$$

Tomamos como referencia de la variable momento de FMI de cuádriceps, el resultado del cálculo muestral con el valor más elevado (dado por el coeficiente de variación utilizado por consenso en los trabajos de dinamometría en biomecánica), con el fin de reclutar la muestra más representativa.

Isquiotibiales

El momento de FMI a velocidad de 60° de flexión de rodilla es 99,25 Nm y su desviación típica (SD) 23,03.

La precisión (d) puede tomar dos valores: la diferencia entre la medición pre y post (99,25 – 84,01 = 15,24) o el coeficiente de variación utilizado por consenso en los estudios de dinamometría en biomecánica (10% de 99,25= 9,92). (51)

$$d_1 = 15,24$$

$$\frac{2 * 7,8 * 23,03^2}{15,24^2} = 35,62$$

$$d_2 = 9,92$$

$$\frac{2 * 7,8 * 23,03^2}{9,92^2} = 84,07$$

Tomamos como referencia de la variable momento de FMI de isquiotibiales, el resultado del cálculo muestral con el valor más elevado (dado por el coeficiente de variación utilizado por consenso en los trabajos de dinamometría en biomecánica), con el fin de reclutar la muestra más representativa.

Los datos necesarios para la realización del cálculo muestral de la variable funcionalidad se recogen del estudio de George C. Balazs. (52)

	Mean preop	Mean postop	Change	p Value	MCID
KOOS					
Symptoms	65.81	74.65	8.84	NS	10.7 ²⁹
Pain	71.6	87.39	15.79 ^b	0.03	16.7 ²⁹
Activities of daily living	87.5	94.68	7.18 ^b	0.05	18.4 ²⁹
Sports and recreation	45.6	72.69	27.09 ^a	< 0.01	12.5 ²⁹
Quality of life	37.28	63.46	26.18 ^a	< 0.01	15.6 ²⁹

Tabla 7. Datos para la obtención del cálculo muestral, variable funcionalidad.

Fuente: Balazs GC, Grimm PD, Donohue MA, Keblish DJ, Rue J. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Military Personnel. (52)

Funcionalidad

Los ítems relacionados con la funcionalidad recogen una significación postoperatoria de 94,68 y su desviación típica (SD) es 18,4.

La precisión (d) es la diferencia entre los valores pre y post operatorios, $94,68 - 87,5 = 7,18$.

$$\frac{2 * 7,8 * 18,4^2}{7,18^2} = 102,45$$

Tras realizar el cálculo muestral de las tres principales variables, escogemos la muestra más amplia. Aceptando un riesgo alfa de 0,05 y un riesgo beta de 0,2 en un contraste bilateral, se requieren 130 sujetos para el grupo control y 130 para el grupo intervención. Con el objetivo de suplir la posible pérdida de sujetos por abandono, se aumenta la muestra un 10%. De este modo, la muestra total estaría compuesta por 286 sujetos de estudio (143 individuos en el grupo intervención y 143 en el grupo control)

$$\text{Muestra total} \quad 2 * (130 + 0,10 * 130) = 286$$

Variables

Principales

- Momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps.

Variable dependiente cuantitativa continua, de razón. Su unidad de medida es Newton/metro (Nm) y la medición se realiza mediante un dinamómetro isocinético.

- Momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales.

Variable dependiente cuantitativa continua, de razón. Su unidad de medida es Nm y la medición se realiza mediante un dinamómetro isocinético.

- Funcionalidad

Variable dependiente, cualitativa, ordinal.

<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Escala</i>	<i>Unidad</i>	<i>Medición</i>
Momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps	Dependiente Cuantitativa Continua	Razón	Nm	Dinamómetro isocinético Primus RS, BTE-technologies
Momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales	Dependiente Cuantitativa Continua	Razón	Nm	Dinamómetro isocinético Primus RS, BTE-technologies
Funcionalidad	Dependiente Cualitativa Ordinal	Ordinal		KOOS: Ítems A1-A17 0 = Muy buena (0 - 17) 1 = Buena (17 - 34) 2 = Pobre (34 - 51) 3 = Muy pobre (51 - 68)

Tabla 8. Variables dependientes.

Secundarias

- Sexo

Variable independiente, cualitativa, nominal (categorizada en dos grupos: Hombre y Mujer)

- Edad

Variable independiente, cualitativa, ordinal (categorizada en tres grupos: 18-30 años, 30-45 años y 45-65 años)

<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Escala</i>	<i>Unidad</i>	<i>Medición</i>
Sexo	Independiente Cualitativa Dicotómica	Nominal		0 = Hombre 1 = Mujer
Edad	Independiente Cualitativa Ordinal	Ordinal		0 = 18 - 30 años 1 = 30 - 45 años 2 = 45 - 65 años

Tipo de intervención	Independiente Cualitativa Dicotómica	Nominal	0 = Intervención (EENM + tto habitual) 1 = Control (Tto habitual)
Momento de la medición	Independiente Cualitativa Dicotómica	Nominal	0 = Pre tratamiento 1 = Post tratamiento

Tabla 9. Variables independientes.

Hipótesis operativas

Momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps

Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas en el momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps por la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis alternativa (H_1)

Existen diferencias estadísticamente significativas en el momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps por la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales

Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas en el momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales por la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis alternativa (H_1)

Existen diferencias estadísticamente significativas en el momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales por la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Funcionalidad

Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas en la funcionalidad de rodilla por la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis alternativa (H_1)

Existen diferencias estadísticamente significativas en la funcionalidad de rodilla por la aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Las variables independientes sexo y edad se operativizan en función de las variables dependientes momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps, momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales y funcionalidad:

Sexo

Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas en la influencia del sexo por la aplicación electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis alternativa (H_1)

Existen diferencias estadísticamente significativas en la influencia del sexo por la aplicación electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Edad

Hipótesis Nula (H_0)

No existen diferencias estadísticamente significativas en la influencia de la edad por la aplicación electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Hipótesis alternativa (H_1)

Existen diferencias estadísticamente significativas en la influencia de la edad por la aplicación electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual en comparación con el tratamiento habitual en deportistas en la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Recogida de datos

En primer lugar, recogemos los datos personales de los sujetos de estudio mediante el cuestionario de recogida de datos (anexo V).

Las mediciones de las variables del estudio se reúnen en la tabla de recogida de datos (anexo VI), adjudicando una clave de identificación a cada paciente. Se realizan dos mediciones de las variables del estudio (momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps, momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales y funcionalidad), una antes de comenzar el tratamiento y otra al finalizar el mismo, en ambos grupos.

Análisis de datos

El análisis de los resultados de las variables del estudio se realiza a través del software estadístico SPSS® para Windows®, versión 24.0.

El estudio evalúa tres variables dependientes cuantitativas, momento de FMI de cuádriceps, momento de FMI de isquiotibiales y funcionalidad, en dos grupos de tratamiento: el grupo A (tratamiento habitual + EENM) y el grupo B (tratamiento habitual)

Se realiza una medición de cada una de las variables antes de comenzar el tratamiento (semana 7) y otra medición al finalizar el mismo (semana 12). Se obtiene la diferencia entre ambas mediciones, generando así la variable resultado en los dos grupos.

En primer lugar, las variables cuantitativas son analizadas descriptivamente, obteniendo así:

- Datos estadísticos de posición: cuartiles.
- Datos estadísticos de centralización o tendencia central: media y mediana.
- Datos estadísticos de dispersión: desviación estándar, coeficiente de variación y rango.

A continuación, se realiza un análisis estadístico inferencial. Se lleva a cabo un contraste de hipótesis bilateral en cada una de las variables dependientes del estudio.

1. Test de Kolmogorov-Smirnov

Este test permite conocer la normalidad en la distribución de las variables de muestras superiores a 30 sujetos, lo que facilita la elección de la prueba necesaria para el contraste de hipótesis.

- Si $p\text{-valor} \geq 0,05$, la distribución cumple el criterio de normalidad y se lleva a cabo una prueba paramétrica (T-student para muestras independientes).
- Si $p\text{-valor} < 0,05$, la distribución no cumple el criterio de normalidad y se lleva a cabo una prueba no paramétrica (Wilcoxon para muestras independientes).

2. Test de Lèvene

Este test permite verificar la homogeneidad de varianzas.

- Si $p\text{-valor} \geq 0,05$, existe homogeneidad de varianzas.
- Si $p\text{-valor} < 0,05$, existe diferencia entre las varianzas.

3. Una vez se obtienen los p-valor resultantes de las pruebas, se analiza si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre cada grupo:
 - Si el p-valor es $\geq 0,05$, existe riesgo de que los resultados se deban al azar, por lo tanto, las diferencias no son estadísticamente significativas, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0)
 - Si el p-valor es $< 0,05$, las diferencias son estadísticamente significativas, por lo que se acepta la hipótesis alternativa (H_1)

La representación gráfica de los resultados se realiza mediante diagrama de cajas.

Limitaciones del estudio

Este estudio presenta una serie de limitaciones:

- Tiempo.

La realización del diseño del estudio está condicionada por las fechas establecidas por la universidad, lo que impide realizar una búsqueda más prolongada y exhaustiva.

- Financiación.

El estudio carece de financiación lo que supone: incapacidad de acceder a la totalidad de la información disponible y necesidad de colaboración con otras entidades para acceder a los costosos sistemas de medición.

- Tamaño muestral elevado.

Se deben reclutar 286 pacientes, intervenidos de ligamento cruzado anterior en los hospitales públicos de la Comunidad de Madrid que respeten los criterios de selección.

- Disponibilidad y medios para acudir a los centros de tratamiento y de evaluación.

Clínica de Fisioterapia (c / Conde de Peñalver 64, 5ºF, 28006 Madrid, Madrid)

Laboratorio de Biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia "San Juan de Dios" (Avenida de San Juan de Dios, 1, 28350 Ciempozuelos, Madrid)

Equipo investigador

<i>Integrante</i>	<i>Formación</i>	<i>Experiencia</i>
<i>Fisioterapeuta Investigadora principal</i>	<i>Graduada en Fisioterapia. Experta en:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Deportiva</i> - <i>Electroterapia</i> 	<i>5 años</i>
<i>Fisioterapeuta</i>	<i>Graduado en Fisioterapia. Experto en:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Deportiva</i> 	<i>5 años</i>
<i>Fisioterapeuta</i>	<i>Graduado en Fisioterapia. Experto en:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Biomecánica y Valoración.</i> 	<i>5 años</i>
<i>Estadístico</i>	<i>Graduado en Estadística. Experto en:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Estadística e Investigación operativa.</i> 	<i>5 años</i>

Tabla 10. Equipo investigador.

Plan de trabajo

Diseño de la intervención

Se realiza una solicitud de aprobación al comité ético de investigación de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios” (Universidad Pontificia Comillas) (anexo VII) y a un comité de ética clínica acreditado (anexo VIII). Una vez se obtienen las autorizaciones, se comienza la elaboración del estudio.

La duración de la investigación es de 13 meses, los dos primeros meses se lleva a cabo el diseño del estudio y la coordinación con los hospitales de la Comunidad de Madrid. Cuando todo ello está establecido, comienza la selección de sujetos de estudio. La investigación necesita pacientes que, en la séptima semana de su rehabilitación, hayan conseguido los criterios para la progresión a la fase III (fortalecimiento y control) del protocolo de recuperación de LCA del MOON (anexo I):

- ROM completo
- Dolor / Inflamación mínimo.
- Fuerza y control funcional en las AVD.
- Pregunta 10 del IKDC (escala de funcionalidad global), puntuación ≥ 7 .

“¿Cuál sería la puntuación que le darías a la funcionalidad de tu rodilla en una escala de 0 a 10, siendo 10 la normalidad, perfecta funcionalidad, y 0 incapacidad de realización de las AVD, incluyendo la actividad deportiva?”

Para ello, los pacientes reciben sesiones de fisioterapia basadas en el protocolo de recuperación de LCA del MOON desde el primer día después de la cirugía y a la séptima semana de su tratamiento se evalúa si son susceptibles de entrar en el estudio.

La selección de la muestra se desarrolla cada 7 semanas, incluyendo nuevos pacientes intervenidos del LCA, de este modo, se controla la progresión del paciente y el cumplimiento del tratamiento habitual establecido.

Si a la séptima semana de su recuperación cumplen todos los criterios de selección del estudio, son incluidos en la investigación y se establece aleatoriamente si pertenecen al grupo intervención (tratamiento habitual + electroterapia) o grupo control (tratamiento habitual). Ambos grupos reciben 3 sesiones de fisioterapia a la semana durante 5 semanas.

Antes de comenzar el tratamiento, todos los sujetos del estudio son citados, por el fisioterapeuta experto en Biomecánica y Valoración, en el Laboratorio de Biomecánica de la

Escuela de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios” (Avenida de San Juan de Dios, 1. 28350 Ciempozuelos, Madrid) para realizar una medición del momento de FMI de cuádriceps e isquiotibiales y cumplimentar un cuestionario (KOOS, anexo II) para medir el nivel de funcionalidad de su rodilla intervenida.

El doble ciego modificado afecta tanto al evaluador, que desconoce a qué grupo pertenece el sujeto al que realiza la medición, como al estadístico, que desconoce a qué grupo pertenecen los datos que está recogiendo.

La medición de las variables momento de FMI de cuádriceps e isquiotibiales se realiza con el dinamómetro isocinético (Primus RS, BTE-technologies).

Para medir la variable momento de FMI de cuádriceps, los sujetos del estudio realizan 5 minutos de calentamiento en un cicloergómetro. Una vez finalizado, se sientan en la silla del equipo de dinamometría y se limita el movimiento de tronco mediante un cinturón abdominal y dos arneses cruzados sobre los hombros. El respaldo de la silla traza un ángulo de 85° con la base, el eje del dinamómetro coincide con el eje de flexo-extensión de la rodilla y el brazo de palanca se encuentra a la altura del tendón de Aquiles. Se limita el ROM de la rodilla a 90° y se solicita la realización de extensión de rodilla, con toda la fuerza que sea capaz de ejercer. Se incentiva verbalmente al paciente para que genere su fuerza máxima: “¡Vamos! ¡Ánimo! ¡Con todas tus fuerzas!”. Se evalúa el momento de fuerza de extensión de rodilla en condiciones isocinéticas con velocidad angular de 60 °/s, se llevan a cabo tres movimientos de extensión con 90 segundos de descanso entre cada acción y el estadístico recoge los resultados. La duración de la prueba es de 10-15 minutos. (50)

Para medir la variable momento de FMI de isquiotibiales, los sujetos del estudio se sitúan del mismo modo que en la variable momento de FMI de cuádriceps. Se limita el ROM de la rodilla a 90° y se solicita la realización de flexión de rodilla, con toda la fuerza que sea capaz de ejercer. Se incentiva verbalmente al paciente para que genere su fuerza máxima: “¡Vamos! ¡Ánimo! ¡Con todas tus fuerzas!”. Se evalúa el momento de fuerza de flexión de rodilla en condiciones isocinéticas con velocidad angular de 60 °/s, se llevan a cabo tres movimientos de flexión con 90 segundos de descanso entre cada acción y el estadístico recoge los tres mejores resultados. La duración de la prueba es de 10-15 minutos. (50)

La medición de la variable funcionalidad se realiza mediante el cuestionario KOOS (anexo II). Está compuesto por 42 ítems dentro de 5 subescalas: dolor (9 ítems), otros síntomas (7 ítems), AVD (17 ítems), deportes y recreación (5 ítems) y calidad de vida en relación con la rodilla (4 ítems), puntuadas de 0 a 5. El estadístico recoge los resultados de la subescala AVD, relacionada con la funcionalidad, se calcula la puntuación (0-68) y se divide

en 4 grupos (muy buena, 0-17; buena, 17-34; pobre, 34-51; y muy pobre, 51-68). La duración de esta prueba es de 10-15 minutos.

Todos los resultados son reunidos en la tabla de recogida de datos (anexo VI). Una vez los participantes han sido valorados de las distintas variables susceptibles de estudio, se da comienzo al tratamiento tanto del grupo control como del grupo intervención.

Todos los sujetos del estudio realizan los ejercicios de la fase III (fortalecimiento y control) del tratamiento habitual propuesto por el MOON. Los campos de actuación propuestos por el MOON, son: fortalecimiento, entrenamiento neuromuscular propioceptivo y ejercicio cardiopulmonar. Para ello, se establece una tabla progresiva a lo largo de las 5 semanas.

Fortalecimiento

En primer lugar, se realiza el cálculo de la 1-RM para trabajar el desarrollo de la fuerza en las máquinas: extensión de rodilla, prensa de piernas y “curl” de isquiotibiales. (53)

$$1 \text{ RM} = \frac{\text{Peso Levantado}}{1,0278 - 0,0278 * n^{\circ} \text{ repeticiones}}$$

Una vez hemos obtenido la 1-RM, establecemos el porcentaje sobre el que vamos a trabajar cada semana. Comenzamos a un 60%, aumentando 5% cada dos semanas si el sujeto no presenta dificultades. Se realizan 3 series de 10 repeticiones, con un minuto de descanso entre series. (54)

Aquellos ejercicios que se realizan sin carga o cargas pequeñas (tobilleras lastradas), aumentan el volumen de repeticiones. Se estima un minuto de descanso entre series. (54)

Entrenamiento neuromuscular propioceptivo

Se dedican diez minutos de la sesión a la reeducación sensitivo perceptivo motriz del miembro inferior intervenido. Se aumenta la dificultad progresivamente reduciendo las superficies de apoyo, introduciendo doble tarea y aumentando la inestabilidad (Bosu®). Esta progresión puede variar en función de las capacidades de cada paciente. (55)

Ejercicio cardiopulmonar

Se aumenta progresivamente el ejercicio cardiopulmonar con el fin de recuperar la capacidad previa y facilitar el regreso a la actividad deportiva. Los sujetos pueden escoger dos máquinas por sesión entre: cinta de correr (carrera suave), bicicleta estática o bicicleta elíptica (con resistencias leves). Se comienza con 10 minutos de actividad, aumentando progresivamente hasta los 20 minutos, siempre en función a la tolerancia del paciente. (28)

		Semana				
Ejercicios		1º	2º	3º	4º	5º
Fortalecimiento	Sentadillas (dinámicas)	3 x 10	3 x 10	3 x 15	3 x 15	3 x 20
	Sentadillas en pared (estáticas)	3 x 30 s	3 x 40 s	3 x 50 s	3 x 60 s	3 x 70 s
	“Step-ups”	3 x 10	3 x 10	3 x 15	3 x 15	3 x 20
	Zancadas.	3 x 10	3 x 10	3 x 15	3 x 15	3 x 20
	“Shuttles”	3 x 10	3 x 10	3 x 15	3 x 15	3 x 20
	RM	60%	60%	65%	65%	70%
	Extensión de rodilla (90º-0º).	3 x 10				
	Prensa de piernas.	3 x 10				
	“Curl” de isquiotibiales.	3 x 10				
Entrenamiento neuromuscular propioceptivo	Ejercicios de propiocepción. - Disminución de superficie de apoyo. - Plataformas inestables. - Doble tarea.	10 min				
Ejercicio cardiopulmonar (a elegir 2)	Carrera suave en cinta de correr.	5 min	5 min	7 min	7 min	10 min
	Bicicleta.	5 min	5 min	7 min	7 min	10 min
	Bicicleta elíptica.	5 min	5 min	7 min	7 min	10 min

Tabla 11. Plan de ejercicios.

* series x repeticiones. s: segundos. min: minutos

El modo de ejecución de los distintos ejercicios se muestra en el anexo IX.

Los sujetos pertenecientes al grupo control, llevan a cabo la fase III (fortalecimiento y control) del tratamiento habitual propuesto por el MOON de manos del fisioterapeuta experto en fisioterapia deportiva.

Los sujetos pertenecientes al grupo intervención, reciben la aplicación de EENM durante la fase III (fortalecimiento y control) del tratamiento habitual propuesto por el MOON, de manos del fisioterapeuta experto en fisioterapia deportiva y electroterapia. Para ello, se sigue el plan de ejercicios establecido a lo largo de las 5 semanas añadiendo la aplicación de EENM (Compex® SP 8.0) en los ejercicios en CCC (sentadillas, dinámicas y estáticas).

Se utiliza una técnica bipolar doble, se estimula la salida del nervio crural y los puntos motores del vasto interno, vasto externo y recto anterior.

Los parámetros establecidos para la aplicación de la EENM, según la revisión sistemática de Andre Filipovic (40) , son:

- Intensidad: 70% sobre el umbral máximo de dolor (≤ 70 mA), ya que presenta beneficios gracias a la sensación subjetiva de mayor intensidad.
- Rango de frecuencia: 75 Hz, con el fin de aumentar la fuerza muscular localizada.
- Ancho de impulso: 400 μ s, las duraciones de impulso más largas provocan una estimulación muscular más profunda e intensa, lo que recluta más unidades motoras.

En las sentadillas dinámicas:

- Tiempo de contracción: 3-10 segundos, con el fin de influir positivamente en el aumento de la fuerza máxima y la fuerza explosiva.
- Tiempo de relajación: 6-20 segundos, ya que asegura una recuperación suficiente y facilita la adaptación del músculo.

En las sentadillas estáticas:

- Tiempo de contracción: 30-70 segundos, según progresión, con el fin de influir positivamente en el aumento de la fuerza resistencia.
- Tiempo de relajación: 1 minuto o minuto y medio, según progresión, ya que asegura la recuperación y facilita la adaptación muscular.

Una vez finalizado el tratamiento, todos los sujetos del estudio son citados de nuevo, por el fisioterapeuta experto en Biomecánica y Valoración, en el Laboratorio de Biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de San Juan de Dios. Se realiza la evaluación de las variables momento de FMI de cuádriceps e isquiotibiales y funcionalidad del mismo modo

que en la primera medición. El estadístico se encarga de recoger todos los resultados en la tabla de recogida de datos.

Este proceso de selección, intervención y medición, se realiza 9 veces reuniendo así los datos de toda la muestra del estudio. Una vez obtenidos todos los resultados, el estadístico se encarga de analizar los datos y elaborar los resultados del estudio.

La investigadora principal interpreta los resultados, redacta el estudio y difunde la información en la comunidad científica.

Etapas de desarrollo

	Agosto- Septiembre	Octubre - Noviembre	Noviembre - Diciembre	Diciembre- Enero	Enero- Febrero	Febrero- Marzo	Marzo - Abril	Abril - Mayo	Mayo - Junio	Junio - Julio	Agosto	Septiembre
<i>Diseño del estudio</i>	x											
<i>Coordinación con hospitales de la Comunidad de Madrid</i>	x											
<i>Selección de sujetos de estudio</i>	x		x		x		x		x			
<i>Tratamiento</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Grupo I - II</i>		x										
<i>Grupo III - IV</i>			x									
<i>Grupo V - VI</i>				x								
<i>Grupo VII - VIII</i>					x							
<i>Grupo IX- X</i>						x						
<i>Grupo XI-XII</i>							x					
<i>Grupo XIII-XIV</i>								x				
<i>Grupo XV-XVI</i>									x			
<i>Grupo XVII-XVIII</i>										x		
<i>Análisis de datos y elaboración de resultados.</i>											x	
<i>Redacción y publicación de resultados.</i>												x

Tabla 12. Etapas de desarrollo del estudio.

Desarrollo de los grupos

	Día previo	1º	2º	3º	4º	5º	Día posterior
Recogida de datos (CRD)	x						
Recogida de consentimiento (HIP y CI)	x						
Medición pre	x						
Intervención		x	x	x	x	x	
Medición post							x

*CDR: Cuestionario de recogida de datos. HIP: Hoja de información al paciente. CI: Consentimiento informado.

Tabla 13. Desarrollo de los grupos.

Distribución de tareas

1. Fisioterapeuta colegiada experta en Fisioterapia Deportiva y Electroterapia.

Investigadora principal.

Responsable del diseño del estudio y la coordinación de la clínica con los hospitales públicos de la Comunidad de Madrid.

Gestora del reclutamiento de la muestra, identificación de los sujetos que cumplen los criterios de inclusión y descarte de aquellos que cumplen algún criterio de exclusión.

Delegada del tratamiento y la aplicación de la intervención en los grupos A (tratamiento habitual + electroterapia) del estudio.

Encargada de la redacción de los hallazgos y la difusión de los resultados.

2. Fisioterapeuta colegiado experto en Fisioterapia deportiva.

Responsable del tratamiento en los grupos B (tratamiento habitual) del estudio.

3. Fisioterapeuta colegiado experto en Biomecánica y Valoración.

Responsable de la evaluación pre y post intervención de las variables del estudio: momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps e isquiotibiales.

Encargado de la entrega y comprobación de correcta realización del cuestionario KOOS para valorar la variable funcionalidad.

4. Estadístico experto en Estadística e Investigación operativa.

Responsable de la aplicación del muestreo, la elaboración de la base de datos y el análisis de los resultados.

<i>Profesional</i>	<i>Estimación de la jornada laboral</i>
<i>Fisioterapeuta Experta en Fisioterapia Deportiva y Electroterapia</i>	<p><i>3 sesiones / semana (30 min / sesión, 5 semanas de intervención)</i></p> <p><i>8 horas / día (16 pacientes / día e intervención)</i></p> <p><i>286 muestra / 16 pacientes: <u>18 grupos de tratamiento.</u></i></p> <p><i>9 grupos por fisioterapeuta x 5 semanas Duración de la intervención: <u>45 semanas</u></i></p>
<i>Fisioterapeuta Experto en Fisioterapia Deportiva</i>	<p><i>3 sesiones / semana (30 min / sesión, 5 semanas de intervención)</i></p> <p><i>8 horas / día (16 pacientes / día e intervención)</i></p> <p><i>9 grupos por fisioterapeuta x 5 semanas Duración de la intervención: <u>45 semanas</u></i></p>
<i>Fisioterapeuta Experto en Valoración y Biomecánica</i>	<p><i>8 horas / día</i></p> <p><i>36 días de evaluación de las variables:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>- 18 días de evaluación pre-intervención.</i> <i>- 18 días de evaluación post-intervención.</i>
<i>Estadístico Experto en Estadística e Investigación operativa</i>	<p><i>8 horas / día</i></p> <p><i>36 días de recogida de datos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>- 18 días de recogida de valores pre-intervención.</i> <i>- 18 días de recogida de valores post-intervención.</i>

Tabla 14. Estimación de la jornada laboral.

Lugar de realización del proyecto

El proyecto de investigación se realizará en dos lugares:



Clínica de Fisioterapia.

(c / Conde de Peñalver 64, 5ºF, 28006 Madrid, Madrid)

Lugar donde se realiza el tratamiento de fisioterapia.

Figura 4. Ubicación de la clínica de fisioterapia.

Universidad Pontificia Comillas

Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia "San Juan de Dios"

(Av. San Juan de Dios, 1, 28350 Ciempozuelos, Madrid)

Lugar donde se realiza la valoración de las variables de estudio, pre y post intervención.



Figura 5. Ubicación de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia "San Juan de Dios".

Bibliografía

- (1) Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2012;22(4):349-355.
- (2) Alazzawi S, Sukeik M, Ibrahim M, Haddad FS. Management of anterior cruciate ligament injury: pathophysiology and treatment. *Br J Hosp Med (Lond)* 2016 Apr;77(4):222-225.
- (3) Hamilton M, Velasquez JR. Ankle Flexibility and Jump Landing Mechanics: Implications for ACL Injury Risk. *International Journal of Athletic Therapy & Training* 2011 November;16(6):14-16.
- (4) Smith HC, Vacek P, Johnson RJ, Slauterbeck JR, Hashemi J, Shultz S, et al. Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature—part 1: neuromuscular and anatomic risk. *Sports health* 2012;4(1):69-78.
- (5) Smith HC, Vacek P, Johnson RJ, Slauterbeck JR, Hashemi J, Shultz S, et al. Risk factors for anterior cruciate ligament injury: a review of the literature—part 2: hormonal, genetic, cognitive function, previous injury, and extrinsic risk factors. *Sports Health* 2012;4(2):155-161.
- (6) Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Non-contact ACL Injuries: Mechanisms and Risk Factors. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2010 Sep;18(9):520-527.
- (7) Khan MS, Seon JK, Song EK. Risk factors for anterior cruciate ligament injury: assessment of tibial plateau anatomic variables on conventional MRI using a new combined method. *Int Orthop* 2011 Aug;35(8):1251-1256.
- (8) Hashemi J, Chandrashekar N, Mansouri H, Gill B, Slauterbeck JR, Schutt RC, et al. Shallow Medial Tibial Plateau and Steep Medial and Lateral Tibial Slopes. *The American Journal of Sports Medicine* 2010 January 1;38(1):54-62.
- (9) Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: Annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med* 2012 Jul;20(3-4):157-179.
- (10) Acevedo RJ, Rivera-Vega A, Miranda G, Micheo W. Anterior cruciate ligament injury: identification of risk factors and prevention strategies. *Curr Sports Med Rep* 2014 May-Jun;13(3):186-191.
- (11) Sayampanathan AA, Howe BKT, Bin Abd Razak, Hamid Rahmatullah, Chi CH, Tan AHC. Epidemiology of surgically managed anterior cruciate ligament ruptures in a sports surgery practice. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2017 Jan;25(1):2309499016684289.

- (12) Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train* 2013 Nov-Dec;48(6):810-817.
- (13) Smith MA, Smith WT, Kosko P. Anterior cruciate ligament tears: reconstruction and rehabilitation. *Orthop Nurs* 2014 Jan-Feb;33(1):26.
- (14) Meuffels DE, Poldervaart MT, Diercks RL, Fievez, Alex W F M, Patt TW, Hart, Cor P van der, et al. Guideline on anterior cruciate ligament injury. *Acta Orthopaedica* 2012 August;83(4):379-386.
- (15) Ayala-Mejías JD, García-Estrada GA, Alcocer Pérez-España L. Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mexicana* 2014 /01//Jan/Feb;28(1):57-67.
- (16) Kay J, Naji L, de SA D, Simunovic N, Peterson D, Samuelsson K, et al. Graft choice has no significant influence on the rate of return to sport at the preinjury level after revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of ISAKOS: Joint Disorders & Orthopaedic Sports Medicine* 2017 Jan;2(1):21-30.
- (17) Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med* 2011 /06/01;45(7):596-606.
- (18) Ardern CL, Österberg A, Tagesson S, Gauffin H, Webster KE, Kvist J. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med* 2014 /12/01;48(22):1613-1619.
- (19) White K, Di Stasi SL, Smith AH, Snyder-Mackler L. Anterior cruciate ligament- specialized post-operative return-to-sports (ACL-SPORTS) training: a randomized control trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2013 Mar 23; 14:108.
- (20) van Melick N, van Cingel, Robert E H, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med* 2016 Dec;50(24):1506-1515.
- (21) Terauchi R, Arai Y, Hara K, Minami G, Nakagawa S, Takahashi T, et al. Magnetic resonance angiography evaluation of the bone tunnel and graft following ACL reconstruction with a hamstring tendon autograft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal Of The ESSKA* 2016 January;24(1):169-175.

- (22) Shaarani SR, O'Hare C, Quinn A, Moyna N, Moran R, O'Byrne JM. Effect of prehabilitation on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2013 Sep;41(9):2117-2127.
- (23) Failla MJ, Logerstedt DS, Grindem H, Axe MJ, Risberg MA, Engebretsen L, et al. Does Extended Preoperative Rehabilitation Influence Outcomes 2 Years After ACL Reconstruction? A Comparative Effectiveness Study Between the MOON and Delaware-Oslo ACL Cohorts. *Am J Sports Med* 2016 Oct;44(10):2608-2614.
- (24) Logerstedt D, Lynch A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Pre-operative quadriceps strength predicts IKDC2000 scores 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee* 2013 -6;20(3):208-212.
- (25) Saka T. Principles of postoperative anterior cruciate ligament rehabilitation. *World J Orthop* 2014 -9-18;5(4):450-459.
- (26) Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am* 2012 Oct 03;94(19):1737-1748.
- (27) Noll S, Garrison JC, Bothwell J, Conway JE. Knee Extension Range of Motion at 4 Weeks Is Related to Knee Extension Loss at 12 Weeks After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2015 -5-4;3(5):1-6.
- (28) Malempati C, Jurjans J, Noehren B, Ireland ML, Johnson DL. Current Rehabilitation Concepts for Anterior Cruciate Ligament Surgery in Athletes. *Orthopedics* 2015 Nov;38(11):689-696.
- (29) Adams D, Logerstedt D, Hunter-Giordano A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion- Based Rehabilitation Progression. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2012 July;42(7):601-614.
- (30) Harris JD, Abrams GD, Bach BR, Williams D, Heidloff D, Bush-Joseph CA, et al. Return to Sport After ACL Reconstruction. *Orthopedics* 2014 /02/01;37(2):103-108.
- (31) Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2011 Dec;27(12):1697-1705.
- (32) Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med* 2016 /07/01;50(13):804-808.

- (33) Wright RW, Haas AK, Anderson J, Calabrese G, Cavanaugh J, Hewett TE, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: MOON Guidelines. *Sports Health* 2015 May 1;7(3):239-243.
- (34) Lorenz D, Reiman M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: tendinopathy, hamstring strains, and acl reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* 2011 Mar;6(1):27-44.
- (35) Gois MO, Campoy FAS, Alves T, Avila RP, Vanderlei LCM, Pastre CM. The influence of resistance exercise with emphasis on specific contractions (concentric vs. eccentric) on muscle strength and post-exercise autonomic modulation: a randomized clinical trial. *Braz J Phys Ther* 2014 Jan-Feb;18(1):30-37.
- (36) Ramírez T, Manuel H. Torque máximo absoluto e índice convencional isocinético de rodilla en futbolistas profesionales del 2007 al 2012. *Revista de Medicina e Investigación* 2014;2(2):154-162.
- (37) Sung-Hyoun Cho, Chang-Hwan Bae, Hwang-Bo gak. Effects of Closed Kinetic Chain Exercises on Proprioception and Functional Scores of the Knee after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Physical Therapy Science* 2013 October;25(10):1239-1241.
- (38) Uçar M, Koca I, Eroglu M, Eroglu S, Sarp U, Arik HO, et al. Evaluation of open and closed kinetic chain exercises in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Phys Ther Sci* 2014 Dec;26(12):1875-1878.
- (39) Lepley LK, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve biomechanical limb symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics* 2015 /08/01;30(7):738-747.
- (40) Filipovic A, Kleinöder H, Dörmann U, Mester J. Electromyostimulation - a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *J Strength Cond Res* 2011;25(11):3218-3238.
- (41) Wirtz N, Zinner C, Doermann U, Kleinoeder H, Mester J. Effects of Loaded Squat Exercise with and without Application of Superimposed EMS on Physical Performance. *J Sports Sci Med* 2016;15(1):26-33.
- (42) Subdirección General de Estadística y Estudios, Secretaría General Técnica Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Encuesta de Hábitos Deportivos en España. Consejo Superior de Deportes 2015 Diciembre.

- (43) Martínez Hernández LE, Pegueros Pérez A, Ortíz Alvarado A, del Villar Morales A, Flores VH, Pineda Villaseñor C. Valoración isocinética de la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor de la rodilla en taekwondoines. *Gaceta Médica de México* 2014;150(3):272-278.
- (44) Hohmann E, Bryant A, Tetsworth K. Strength does not influence knee function in the ACL-deficient knee but is a correlate of knee function in the ACL-reconstructed knee. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016 Apr;136(4):477-483.
- (45) Hambly K. IKDC or KOOS: Which One Captures Symptoms And Disabilities Most Important To Patients Who Have Undergone Initial Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? *Am J Sports Med* 2010;38(7):1395-1404.
- (46) Muller B, Yabroudi MA, Lynch A, Lai C, van Dijk CN, Fu FH, et al. Defining Thresholds for the Patient Acceptable Symptom State for the IKDC Subjective Knee Form and KOOS for Patients Who Underwent ACL Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 2016 November 1;44(11):2820-2826.
- (47) Vaquero J, Longo UG, Forriol F, Martinelli N, Vethencourt R, Denaro V. Reliability, validity and responsiveness of the Spanish version of the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) in patients with chondral lesion of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014 Jan;22(1):104-108.
- (48) Sasaki S, Tsuda E, Hiraga Y, Yamamoto Y, Maeda S, Sasaki E, et al. Prospective Randomized Study of Objective and Subjective Clinical Results Between Double-Bundle and Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2016 Apr;44(4):855-864.
- (49) Ingelsrud LH, Granan L, Terwee CB, Engebretsen L, Roos EM. Proportion of Patients Reporting Acceptable Symptoms or Treatment Failure and Their Associated KOOS Values at 6 to 24 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Study From the Norwegian Knee Ligament Registry. *Am J Sports Med* 2015 Aug;43(8):1902-1907.
- (50) Czaplicki A, Jarocka M, Walawski J. Isokinetic Identification of Knee Joint Torques before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *PLoS ONE* 2015;10(12).
- (51) Anumula SK, Beku C, Murthy YSN. Measurement of Reliability in Grip Strength. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal* 2014 Apr;8(2):115-119.
- (52) Balazs GC, Grimm PD, Donohue MA, Keblish DJ, Rue J. Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Military Personnel. *J Knee Surg* 2016 Aug;29(6):464-470.

(53) Juan José González Badillo. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Ilustrada ed. España: INDE; 2002.

(54) López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 3º ed. Buenos Aires: Panamericana; 2008.

(55) Fort Vanmeerhaeghe A, Romero Rodriguez D. Rol del sistema sensoriomotor en la estabilidad articular durante las actividades deportivas. Apunts Medicina de l'Esport 2013 April;48(178):69-76.

Anexos

Anexo I Protocolo de recuperación postquirúrgica de LCA propuesta por el MOON. (Traducción)

Guía del MOON para la recuperación postquirúrgica del LCA

Información general: La siguiente guía para la recuperación del LCA está basada en una revisión de ensayos clínicos aleatorizados relacionados con la recuperación del LCA. Algunos aspectos de la recuperación del LCA, no presentan suficiente evidencia para que se obtengan conclusiones de confianza. En esos casos, las recomendaciones están basadas en la experiencia de los expertos que conforman el MOON.

Los protocolos han sido desarrollados para cubrir el espectro de pacientes lesionados de LCA (tanto no deportistas como deportistas de élite). Por esta razón, se proponen **ejemplos de ejercicios** en lugar de un programa de rehabilitación altamente estructurado. **Los fisioterapeutas deben adaptar el programa a las necesidades específicas de cada paciente.**

La naturaleza multicéntrica del equipo MOON necesita que el protocolo de recuperación de LCA del MOON solo incluya métodos de tratamiento que se puedan realizar en todo lugar, sin necesidad de material costoso. Por consecuencia, algunos métodos de tratamiento con gran evidencia científica (por ejemplo, la EENM para la mejorar la fuerza o la terapia acuática) no se incluyen en el programa, porque los expertos consideran que no todos los centros de tratamiento tienen los recursos necesarios.

La progresión entre las fases se lleva a cabo si el paciente cumple **los criterios funcionales, no por el tiempo pasado desde la cirugía.** Los tiempos marcados detrás de cada fase entre paréntesis, son *aproximados* al paciente medio, **NO** son guías de progresión estructuradas. Algunos pacientes estarán listos para progresar antes de lo indicado, mientras que otros necesitarán más tiempo.

El número *recomendado* de sesiones de fisioterapia (incluyendo sesiones de evaluación para la progresión de ejercicios) es **de 16 a 24**, siendo más habituales en la fase más temprana. Sin embargo, se reconoce que los planes del seguro de salud de algunos pacientes son muy restrictivos. Por esta razón, el mínimo número de sesiones después de la operación es 6.

Si existe alguna duda relacionada al protocolo de recuperación postquirúrgica de LCA, por favor contacte con el Dr. _____ o el centro de medicina deportiva

Fase 0: Recomendaciones pre-operatorias

- Marcha normal
- ROM: 0 – 120° de flexión
- Fuerza: 20 ascensos de pierna extendida sin claudicación
- Derrame mínimo.
- Enseñar al paciente los ejercicios post-operatorios y adquirir su conformidad.
- Enseñar a caminar con ayudas técnicas.
- Instrucciones para el cuidado de las heridas.
- Exponer las expectativas de seguimiento del MOON.

Fase I: Fase post-operatoria inmediata (Tiempo estimado: Día de la cirugía – 2 semanas)

Objetivos

- ROM: Extensión completa de rodilla.
- Buen control de cuádriceps (\geq 20 ascensos de pierna extendida sin claudicación)
- Minimizar dolor.
- Minimizar inflamación.
- Patrón de marcha normal.

Uso de ayudas técnicas

- Carga de peso según tolerancia con muletas (empezando el día de la cirugía)

Criterio para la descarga/carga con muletas

- Patrón de marcha normal.
- Habilidad para ascender y descender escaleras con seguridad, sin dolor o inestabilidad.

Inmovilizador de rodilla

- Ninguno (Excepción: primeras 24 horas después de un bloqueo del nervio femoral)

Crioterapia

Frío con compresión y elevación (ejemplo, “cryo-cuff” hielo con media de compresión)

- Las primeras 24 horas o hasta que la inflamación aguda esté controlada: 15 minutos cada hora.
- Cuando la inflamación aguda está controlada: 3 veces al día, 15 minutos.
- Hielo picado en la clínica (después de la fase aguda hasta la descarga/carga)

Ejercicios

ROM

- Extensión
 - o Estiramientos con baja carga y larga duración (5 minutos)
Ejemplo: Apoyo de talón sobre rulo.
Paciente decúbito prono con rodillas al borde de la camilla, minimizando la co-contracción y la respuesta nociceptiva.

- Flexión
 - o Deslizamientos en pared.
 - o Deslizamiento de talones.
 - o Flexión de rodilla asistida en sedestación.
 - o Bicicleta: adaptada al ROM

- Movilización de rótula (movilización inicial medial / lateral seguida de superior / inferior mientras se controla la reacción al derrame y el ROM)

Activación muscular / Fuerza

- Contracciones de cuádriceps, incidiendo en la activación de los vastos medial y lateral.
- Elevación de pierna estirada, evitando la claudicación.
- Electroestimulación: Opcional si es incapaz de realizar el ejercicio anterior.
- Sentadillas a dos piernas y cuarto de recorrido.
- Extensión completa de rodilla resistida con TheraBand® en bipedestación.
- Sets de isquiotibiales.
- "Curl" de isquiotibiales.
- Abducción / Aducción de cadera decúbito lateral (evitando la aducción si existe lesión del ligamento lateral interno)
- Co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales decúbito supino.
- Extensión de cadera decúbito prono.
- Ejercicios de tobillo resistidos con TheraBand®.
- Ascenso de talones (prensa de gemelos).

Ejercicio cardiopulmonar

- Se recomienda ergómetro para tren superior o ejercicios similares.

Masaje de cicatrices (cuando las incisiones han cicatrizado completamente)

Criterios para la progresión a la fase II

- 20 ascensos de pierna extendida sin claudicación.
- Marcha normal.
- Muletas / Inmovilizador Descarga / Carga
- ROM: no más de 5° de déficit de extensión activa, 110° de flexión activa.

Fase II: Fase de rehabilitación temprana (2 – 6 semanas)

Objetivos

- ROM completo.
- Fortalecer la musculatura.
- Reentrenamiento neuromuscular progresivo.

Ejercicios

ROM

- Estiramientos con baja carga y larga duración.
- Deslizamientos en pared. Deslizamientos de talones.
- Apoyo de talón sobre rulo. Paciente decúbito prono con rodillas al borde de la camilla. (minimizando la co-contracción y la respuesta nociceptiva)
- Bicicleta: adaptada al ROM → rodar con el sillín a baja altura.
- Flexibilidad y estiramiento de todos los grupos musculares importantes.

Fortalecimiento

Cuádriceps

- Sets de cuádriceps.
- Sentadillas / Sentadillas en pared.
- “Step-ups”.
- Extensión de rodilla de 90° a 40°.
- Prensa de piernas.

Isquiotibiales

- “Curl” de isquiotibiales.
- Elevación de pierna extendida con resistencia.

Otra musculatura

- Abducción / aducción de cadera: elevación de pierna extendida o en máquina.
- Elevación de talones: progresión de dos piernas a una pierna.
- Prensa de gemelos (sentado contra resistencia)
- Fortalecimiento de cadera en todas las direcciones con resistencia proximal.

Entrenamiento neuromuscular propioceptivo

- Plataformas inestables (plato de Bohler, “rocker board”, ...).
- Plataforma de deslizamiento (“slide board”).
- Ejercicios en apoyo monopodal con o sin implementos.

Ejercicio cardiopulmonar

- Bicicleta estática.
- Bicicleta elíptica.
- “Stairmaster”.

Crterios para la progresión a la fase III

- ROM completo.
- Dolor / Inflamación mínimo.
- Fuerza y control funcional en las AVD.
- Pregunta 10 del IKDC (escala de funcionalidad global), puntuación ≥ 7 .

¿Cuál sería la puntuación que le darías a la funcionalidad de tu rodilla en una escala de 0 a 10, siendo 10 la normalidad, perfecta funcionalidad, y 0 incapacidad de realización de las AVD, incluyendo la actividad deportiva?

Funcionalidad actual de rodilla:

No puede realizar AVD

Sin limitaciones

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fase III: Fase de fortalecimiento y control (7 – 12 semanas)

Objetivos

- Mantener ROM completo.

- Correr sin dolor ni inflamación.
- Saltar sin dolor, inflamación o caída.

Ejercicios

Fortalecimiento

- Sentadillas.
- Sentadilla en pared.
- Prensa de piernas.
- “Curl” de isquiotibiales.
- Extensión de rodilla de 90° a 0°.
- “Step-ups”.
- Zancadas.
- “Shuttles”

Entrenamiento neuromuscular propiocepción

- Ejercicios de propiocepción con implementos.
 - o Variación de superficie de apoyo.
 - o Plataformas inestables.

Ejercicio cardiopulmonar

- Carrera suave en línea recta sobre cinta de correr (sin cortar ni pivotar).
- Otra maquinaria de ejercicio cardiopulmonar.

Criterios para progresar a la fase IV

- Correr sin dolor ni inflamación.
- Saltar sin dolor ni inflamación (bilateral y unilateral).
- No presentar dificultad en los entrenamientos neuromusculares y ejercicios de fortalecimiento.

Fase IV: Fase avanzada de entrenamiento (13 – 16 semanas)

Objetivos

- Distintos patrones de carrera al 75% de velocidad sin dificultad.
- Salto sin dificultad.
- Test de salto al 75% de los valores de la pierna no intervenida (test de salto de Cincinnati: salto monopodal de longitud, triple salto de longitud, salto cruzado de longitud y salto de 6 metros cronometrado).

Ejercicios

Fortalecimiento intenso

- Sentadillas.
- Zancadas.
- Pliometría.

Ejercicios de agilidad

- Saltos.
- Salto vertical.
- Arrastres.
- Carioca.
- Patrones de carrera de 50 a 75% de velocidad (progresión).
- Inicio de ejercicios específicos para el deporte practicado de 50 a 75% de esfuerzo.

Entrenamiento neuromuscular propioceptivo

- Superficies inestables.
- Ejercicios de propiocepción con implementos.
- Sistemas instrumentales de medición.
- Superficies variadas.

Ejercicio cardiopulmonar

- Correr.
- Otros ejercicios cardiopulmonares.

Crterios para la progresión a la fase V

- Salto vertical máximo sin dolor o inestabilidad.
- 75% en los test de salto respecto a la pierna no intervenida.
- Correr al 75% sin dificultad.
- Pregunta 10 del IKDC (escala de funcionalidad global), puntuación ≥ 8 .

¿Cuál sería la puntuación que le darías a la funcionalidad de tu rodilla en una escala de 0 a 10, siendo 10 la normalidad, perfecta funcionalidad, y 0 incapacidad de realización de las AVD, incluyendo la actividad deportiva?

Funcionalidad actual de rodilla:

No puede realizar AVD

Sin limitaciones

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fase V: Retorno a la actividad deportiva (17- 20 semanas)

Objetivos

- 85% de fuerza respecto a la pierna no intervenida.
- 85% en evaluación de salto respecto a la pierna no intervenida.
- Entrenamiento deportivo específico sin dolor, inflamación o inestabilidad.

Ejercicios

Fortalecimiento intenso

- Sentadillas.
- Zancadas.
- Pliometría.

Actividades deportivas específicas

- Programas de entrenamiento interválico.
- Ejercicios específicos del deporte practicado.
 - o Carrera y golpeo en fútbol.
 - o Pivotar y cortar en baloncesto.
 - o Rematar en voleibol.
- Carrera a máxima velocidad.
- Cambios de dirección.
- Análisis biomecánico con entrenadores y médicos deportivos.

Recomendaciones para la evaluación del retorno a la actividad deportiva

- Test de salto (salto monopodal de longitud, triple salto de longitud, salto cruzado de longitud y salto de 6 metros cronometrado).
- Examen isocinético de fuerza (60°/s).
- Salto vertical.
- Evaluación de despegue y desaceleración.

- Medición de resultados del MOON (mandatorio, debe completarse después de la evaluación clínica).

Criterios para el retorno a la actividad deportiva

- No hay quejas funcionales.
- Seguridad al correr, cortar y saltar a máxima velocidad.
- 85% de los valores de evaluación de salto de la pierna no intervenida.
- Pregunta 10 del IKDC (escala de funcionalidad global), puntuación ≥ 9 .

¿Cuál sería la puntuación que le darías a la funcionalidad de tu rodilla en una escala de 0 a 10, siendo 10 la normalidad, perfecta funcionalidad, y 0 incapacidad de realización de las AVD, incluyendo la actividad deportiva?

Funcionalidad actual de rodilla:

No puede realizar AVD

Sin limitaciones

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ENCUESTA KOOS PARA LA EVALUACIÓN DE RODILLA

Fecha actual: ____/____/____

Fecha de nacimiento: ____/____/____

Nombre: _____

Instrucciones: Esta encuesta recoge su opinión sobre su rodilla intervenida o lesionada. La información que nos proporciona, servirá para saber cómo se encuentra y la capacidad para realizar diferentes actividades.

Responda a cada pregunta marcando la casilla apropiada y solo una casilla por pregunta. Señales siempre la respuesta que mejor refleja su situación.

Síntomas

Responda a estas preguntas considerando los síntomas que ha notado en la rodilla durante la última semana.

S1. ¿Se le hincha la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S2. ¿Siente crujidos, chasquidos u otro tipo de ruidos cuando mueve la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S3. Al moverse, ¿siente que la rodilla falla o se bloquea?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S4. ¿Puede estirar completamente la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S5. ¿Puede doblar completamente la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

Rigidez articular

La rigidez o entumecimiento es una sensación de limitación o lentitud en el movimiento de la rodilla. Las siguientes preguntas indagan el grado de rigidez que ha experimentado, en la rodilla, durante la última semana.

S6. ¿Cuál es el grado de rigidez de su rodilla al levantarse por la mañana?

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

S7. ¿Cuál es el grado de rigidez de la rodilla después de estar sentado, recostado o descansando?

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

Dolor

P1. ¿Con qué frecuencia tiene dolor en su rodilla?

Nunca	Mensual	Semanal	Diario	Continuo
<input type="checkbox"/>				

¿Cuánto dolor ha tenido en la rodilla en la última semana al realizar las siguientes actividades?

P2. Girar o pivotar sobre su rodilla.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P3. Estirar completamente la rodilla.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P4. Doblar completamente la rodilla.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P5. Al caminar, sobre una superficie plana.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P6. Al subir o bajar escaleras.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P7. Por la noche, en la cama.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P8. Al estar sentado o recostado.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

P9. Al estar de pie.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

Actividades cotidianas

Las siguientes preguntas indagan sobre sus actividades físicas, es decir, su capacidad para moverse y valerse por sí mismo.

Para cada una de las actividades mencionadas a continuación, indique el grado de dificultad experimentado en la última semana a causa de su rodilla.

A1. Al bajar escaleras.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A2. Al subir escaleras.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A3. Al levantarse de una silla o sillón.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A4. Al estar de pie.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A5. Al agacharse o recoger algo del suelo.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A6. Al caminar sobre una superficie plana.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A7. Al subir o bajar del coche.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A8. Al ir de compras.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A9. Al ponerse los calcetines o las medias.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A10. Al levantarse de la cama.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A11. Al quitarse los calcetines o las medias.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A12. Estando acostado, al dar la vuelta en la cama o cuando mantiene la rodilla en una posición fija.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A13. Al entrar o salir de la bañera.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A14. Al estar sentado.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A15. Al sentarse o levantarse del inodoro.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A16. Realizando trabajos pesados de la casa (mover objetos pesados, lavar el suelo, ...)

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

A17. Realizando trabajos ligeros de la casa (cocinas, barrer, ...)

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

Función, actividades deportivas y recreacionales.

Las siguientes preguntas indagan sobre su función al realizar actividades que requieran un mayor nivel de esfuerzo. Las preguntas deben responderse pensando en el grado de dificultad experimentado con su rodilla, en la última semana.

SP1. Ponerse en cuclillas.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

SP2. Correr.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

SP3. Saltar.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

SP4. Girar o pivotar sobre la rodilla afectada.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

SP5. Arrodillarse.

No tengo	Leve	Moderado	Intenso	Muy intenso
<input type="checkbox"/>				

Calidad de vida

Q1. ¿Con qué frecuencia es consciente del problema de su rodilla?

Nunca	Mensualmente	Semanalmente	A diario	Siempre
<input type="checkbox"/>				

Q2. ¿Ha modificado su estilo de vida para evitar actividades que puedan lesionar su rodilla?

No	Levemente	Moderadamente	Drásticamente	Totalmente
<input type="checkbox"/>				

Q3. ¿En qué medida está preocupado por la falta de seguridad en su rodilla?

Nunca	Levemente	Moderadamente	Mucho	Excesivamente
<input type="checkbox"/>				

Q4. En general, ¿cuántas dificultades le crea su rodilla?

Ninguna	Algunas	Pocas	Muchas	Todas
<input type="checkbox"/>				

Muchas gracias por contestar a todas las preguntas de este cuestionario.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

“Eficacia de la electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento en la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.”

Usted tiene derecho a conocer el procedimiento al que va a ser sometido y las complicaciones que pueden surgir como participante de este estudio.

Con la firma del presente documento ratifica que se le ha informado de todos los riesgos de la terapia que va a recibir y ha podido consultar todas las dudas que se le planteen. Del mismo modo, ha podido resolver las cuestiones planteadas sobre la sistemática de evaluación y los riesgos de la misma.

Le recordamos que, por imperativo legal, tendrá que firmar el consentimiento informado para que podamos realizarle dicho procedimiento.

PROCEDIMIENTO

El objetivo del estudio es evaluar la eficacia de la electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento en la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Los sujetos que participen en el estudio serán divididos aleatoriamente en dos grupos, grupo A (intervención) y grupo B (control).

El estudio tendrá una duración de 5 semanas para ambos grupos, desde la 7^o semana a la 12^o semana postquirúrgica. Los sujetos del estudio acudirán al centro 3 veces por semana, los del grupo A (intervención), recibirán electroestimulación muscular durante el tratamiento habitual, mientras que, los que grupo B (control) recibirán el tratamiento habitual.

Antes de comenzar el estudio y al finalizar el mismo, los pacientes serán citados en el Laboratorio de Biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de San Juan de Dios (Avenida de San Juan de Dios, 1. 28350 Ciempozuelos, Madrid) para realizar una medición del momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps e isquiotibiales y cumplimentar un cuestionario para medir el nivel de funcionalidad de su rodilla intervenida.

Medición

Valoración de la variable momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps

Se utiliza el dinamómetro isocinético (Primus RS, BTE-technologies). En primer lugar, se realizan 5 minutos de calentamiento en un cicloergómetro. Una vez finalizado, los sujetos del estudio se sientan en la silla del equipo de dinamometría y se limita el movimiento de tronco mediante un cinturón abdominal y dos arneses cruzados sobre los hombros. El respaldo de la silla traza un ángulo de 85° con la base, el eje del dinamómetro coincide con el eje de flexo-extensión de la rodilla y el brazo de palanca se encuentra a la altura del tendón de Aquiles. Se limita el ROM de rodilla a 90° y se solicita la realización de extensión de rodilla, con toda la fuerza que sea capaz de ejercer. Se evalúa el momento de fuerza de extensión de rodilla en condiciones isocinéticas con velocidad angular de 60 °/s, se llevan a cabo tres movimientos de extensión con 90 segundos de descanso entre cada acción y el estadístico recoge los resultados para su posterior análisis. La duración de la prueba es de 10-15 minutos.

Valoración de la variable momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps

Se utiliza el dinamómetro isocinético (Primus RS, BTE-technologies). Los sujetos del estudio se sitúan del mismo modo que en la variable momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps. Se limita el ROM de la rodilla a 90° y se solicita la realización de flexión de rodilla, con toda la fuerza que sea capaz de ejercer. Se evalúa el momento de fuerza de flexión de rodilla en condiciones isocinéticas con velocidad angular de 60 °/s, se llevan a cabo tres movimientos de flexión con 90 segundos de descanso entre cada acción y el estadístico recoge los resultados para su posterior análisis. La duración de la prueba es de 10-15 minutos.

Funcionalidad

Se debe cumplimentar un cuestionario de evaluación de rodilla (KOOS), para conocer la valoración subjetiva del paciente sobre la funcionalidad de la rodilla intervenida. La duración de la prueba es de 10-15 minutos.

RIESGOS Y CONTRAINDICACIONES

A continuación, se especifican los posibles riesgos y contraindicaciones implícitas en el estudio:

Riesgos específicos del uso de equipos de electroestimulación neuromuscular

Si la aplicación es correcta, son muy escasos y habitualmente leves. Sin embargo, pueden producirse desde ligera irritación de la piel hasta quemaduras eléctricas y úlceras.

Riesgos específicos del uso de equipos de dinamometría isocinética

No se conocen riesgos específicos derivados de uso de dispositivos isocinéticos, salvo los derivados de cualquier actividad física como pueden ser la fatiga, dolores articulares y la aparición de dolor muscular posterior al ejercicio.

Contraindicaciones

- Marcapasos y/o dispositivos intracardiacos.
- Implantes metálicos internos como endoprótesis, material de osteosíntesis, ...
- Alteraciones de la sensibilidad.
- Trombosis o hemorragias activas.
- Derrame sinovial, hemartros y heridas recientes de partes blandas.
- Epilépticos no controlados y síndromes coreicos.
- Hipertensión arterial y varices sin control.
- Personas que puedan propagar algún tipo de infección por la patología que sufren.
- Enfermedades agudas con fiebre.
- Estados febriles y/o debilidad extrema.
- Personas con patología neurológica en miembros inferiores.
- Inflamación viral/bacterial.
- Embarazadas: área pélvica y tronco.
- Hemofilia.
- Anticoagulantes como Sintrón o Marcumar.
- Neoplasia.
- Enfermedades neurológicas (esclerosis múltiple, ELA, polineuropatía diabética, ...).
- Enfermedades reumáticas primarias.
- Tratamientos con cortisona (más de 6 semanas).

Aunque cumpla las características para formar parte del estudio:

- Edad: 18 - 65 años.
- Intervención quirúrgica unilateral de LCA.
- Práctica deportiva mínimo 3 veces por semana.
- Adscripción al Sistema Madrileño de Salud y autorización del cirujano para el ejercicio activo y la electroestimulación neuromuscular.

- Cumplimiento de los criterios clínicos para la progresión a la 3ª fase del protocolo de recuperación postquirúrgica del MOON, 7 semanas después de la operación.
 - o Rango de movilidad completo.
 - o Dolor / Inflamación mínimo.
 - o Fuerza y control funcional en las actividades de la vida diaria.
 - o Puntuación ≥ 7 en la pregunta 10 del IKDC (escala de funcionalidad global).

¿Cuál sería la puntuación que le darías a la funcionalidad de tu rodilla en una escala de 0 a 10, siendo 10 la normalidad, perfecta funcionalidad, y 0 incapacidad de realización de las actividades de la vida diaria, incluyendo la actividad deportiva?

Funcionalidad actual de rodilla:

No puede realizar AVD

Sin limitaciones

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

No podrá participar si:

- Historial de cirugía o lesión en el miembro inferior intervenido.
- Historial de cirugía o lesión en el miembro inferior contralateral.
- Patología cardiovascular.
- Período de gestación.
- Alteración neurológica.
- Trastornos hormonales.
- Consumo de fármacos:
 - o Ansiolíticos.
 - o Anabolizantes.
 - o Analgésicos narcóticos.
- Presentar alguna de las contraindicaciones para la aplicación de electroterapia.

DERECHOS

La participación en el estudio es libre y voluntaria y usted tiene derecho a:

- Abandonar el estudio en cualquier momento, sin justificación ni perjuicio de su atención sanitaria y decidir el destino de sus datos personales.
- Contactar con el investigador cuando lo necesite.
- Acceder, rectificar y cancelar los datos de carácter personal en cualquier momento. Se garantiza la protección de datos personales mediante la creación de una base de datos anónima, en la que cada sujeto tiene una clave asignada que solo conoce el investigador principal. Todos los datos recogidos para el proyecto serán tratados con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la “Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal”.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estudio clínico:

“Eficacia de la electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento en la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.”

SUJETO

D./Dña. _____ con DNI _____

Se me ha informado sobre la terapia que voy a recibir y conozco la importancia de la firma que este documento en relación al consentimiento informado. He tenido la oportunidad de resolver mis dudas sobre los procedimientos e intervenciones del estudio. Firmando abajo consiento que se me apliquen los procedimientos que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

Entiendo que tengo derecho a rehusar en cualquier momento. Comprendo mi plan de trabajo y consiento en ser tratado por un fisioterapeuta colegiado.

Declaro no encontrarme en ninguno de los casos de las contraindicaciones especificadas en este documento.

Declaro haber facilitado leal y verdaderamente los datos sobre el estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a los procedimientos que se me van a realizar. Así mismo, decido dar mi conformidad libre, voluntaria y consciente a los procedimientos que se me han informado.

Firma:

_____ de _____ de _____

INVESTIGADOR

Dña. Ester Cáceres Romero con DNI 51129895-K.

Fisioterapeuta e investigadora de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios” (Universidad Pontificia de Comillas, Madrid) declaro haber facilitado al sujeto y/o persona autorizada, toda la información necesaria para la realización de los procedimientos explicitados en el presente documento y declaro haber confirmado, inmediatamente antes de la aplicación de los mismos, que el sujeto no incurre en ninguno de los casos contraindicados relacionados anteriormente, así como haber tomado todas las precauciones necesarias para que la aplicación de los procedimientos sea correcta.

Firma:

_____ de _____ de _____

REVOCACIÓN

SUJETO

D./Dña. _____ con DNI _____

El día _____ del mes _____ del año _____ Revoco el consentimiento informado firmado el _____ en virtud de mi propio derecho. Para que conste y haga efecto, firmo el presente documento.

Firma:

_____ de _____ de _____

CUESTIONARIO DE RECOGIDA DE DATOS

Clave del paciente:	Grupo: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>
Apellidos:	
Nombre:	
Fecha de nacimiento:	Sexo: H <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
Teléfono de contacto:	
Correo electrónico:	
Fecha de la intervención quirúrgica:	
Miembro inferior intervenido: Derecho <input type="checkbox"/> Izquierdo <input type="checkbox"/>	
Actividad deportiva:	Días / semana:
Observaciones:	

Firma:

_____ de _____ de _____

TABLA DE RECOGIDA DE DATOS

	Funcionalidad		Momento de FMI Cuádriceps		Momento de FMI Isquiotibiales	
Clave	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST

Anexo VII Solicitud de aprobación del comité ético de investigación de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios” (Universidad Pontificia Comillas)



Solicitud de colaboración de la Escuela en proyectos de investigación

(modelo CINV-01)

(Aprobado por la Comisión de Investigación la fecha ___ de _____ de 2017)

Nombre del solicitante	Ester Cáceres Romero
-------------------------------	----------------------

Título del proyecto

“Eficacia de la electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento en la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.”

Resumen

Objetivo Evaluar la eficacia de la aplicación de electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento de la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.

Variables Dependientes: momento de fuerza máxima isocinética de cuádriceps, momento de fuerza máxima isocinética de isquiotibiales (medidas mediante dinamómetro isocinético) y funcionalidad (medida mediante el cuestionario KOOS). Independientes: sexo y edad.

Metodología Estudio experimental, analítico, a doble ciego modificado. 286 sujetos tras cálculo muestral, aleatorizados en dos grupos.

Plan de trabajo Grupo control, tratamiento habitual. Grupo intervención, aplicación de electroestimulación neuromuscular durante el tratamiento habitual. Análisis pre-post por muestras relacionadas y posterior análisis de muestras no relacionadas de ambos grupos, todo ello, tras análisis de la normalidad y presentación de los datos por distribución de frecuencia.

Recursos que solicita a la Escuela

Dinamómetro isocinético (Primus RS, BTE-technologies).

Aspectos éticos del estudio

Respecto al tratamiento de los datos de los participantes, señale la opción que corresponda:

- El investigador tendrá acceso a datos de carácter personal y/o clínico.
- Se recogerán datos de forma anónima o los datos procederán de registros anonimizados en los que el investigador no tendrá acceso a datos personales.

Fecha

Firma del solicitante

Dictamen de la Comisión de Investigación de la Escuela

Aprobación: en caso pertinente, el solicitante debe adjuntar el informe favorable del Comité Ético de Investigación Clínica del centro sanitario donde se llevará a cabo el estudio, u otro con competencias para la evaluación del proyecto:

- Comité Ético de Investigación Clínica
- Se deniega la solicitud.

Fecha de la reunión de la Comisión

Firma del Presidente/a de la Comisión

Anexo VIII Solicitud al comité ético de investigación clínica acreditado.

Don/Dña. Ester Cáceres Romero (nombre y apellidos del promotor)
en calidad de Investigadora principal (relación con la entidad promotora)
con domicilio social en c/ Conde de Peñalver 64, 5F, 28006, Madrid, España

EXPONE

Que desea llevar a cabo el estudio

“Eficacia de la electroestimulación neuromuscular en deportistas durante la fase de fortalecimiento en la recuperación postquirúrgica de ligamento cruzado anterior.”

Que será realizado en el Servicio de Fisioterapia del Hospital de Getafe por Ester Cáceres Romero que trabaja en el Área (servicio) de Fisioterapia como investigador principal.

Que el estudio se realizará tal y como se ha planteado, respetando la normativa legal aplicable para los ensayos clínicos que se realicen en España y siguiendo las normas éticas internacionalmente aceptadas (Helsinki última revisión).

Por lo expuesto,

SOLICITA

Le sea autorizada la realización de este ensayo cuyas características son las que se indican en la hoja de resumen del ensayo y en el protocolo y que a tenor de los medicamentos que se investigan son:

- Primer ensayo clínico con un PEI.
- Ensayo clínico posterior al primero con un PEI (indicar nº de PEI)
- Primer ensayo clínico referente a una modificación de PEI en trámite (indicar nº de PEI)
- Ensayo clínico con una especialidad farmacéutica en una nueva indicación (respecto a las autorizadas en la ficha técnica)
- Ensayo clínico con una especialidad farmacéutica en nuevas condiciones de uso (nuevas poblaciones, nuevas pautas psicológicas, nuevas vías de administración, ...)
- Ensayo clínico con una especialidad farmacéutica en las condiciones de uso autorizadas.
- Ensayo de bioequivalencia con genéricos.
- Otros.

Para lo cual se adjunta la siguiente documentación:

- 4 copias del protocolo de ensayo clínico.
- 3 copias del Manual del Investigador.
- 3 copias de los documentos referentes al consentimiento informado, incluyendo la hoja de información para el sujeto de ensayo.
- 3 copias de la Póliza de Responsabilidad Civil.
- 3 copias de los documentos sobre la idoneidad de las instalaciones.
- 3 copias de los documentos sobre la idoneidad del investigador principal y sus colaboradores.
- Propuesta de compensación económica para los sujetos, el centro y los investigadores.

Firmado:

El promotor:

D/D^a Ester Cáceres Romero

En _____ a ____ de _____ de _____

Anexo IX Plan de ejercicios.

Fortalecimiento

Sentadillas (dinámicas)



Figura 6. Sentadillas.

Preparación: Colóquese de pie con los pies separados al ancho de los hombros.

Ejecución: Flexione cadera y rodillas, manteniendo siempre la espalda recta. Cuando los muslos están paralelos al suelo, vuelva a la posición original.

Sentadillas en pared (estáticas)



Preparación: Separe los pies al ancho de los hombros, flexione las rodillas (90°) y apoye toda su espalda sobre la pared. La cabeza debe mantenerse apoyada, el cuello permanecer erguido y la mirada orientada al frente en un punto fijo.

Ejecución: Mantenga la posición durante el tiempo indicado.

Comentario: Los miembros superiores deben estar relajados. Rodilla y pie deben estar alineados.

Figura 7. Sentadilla en pared.

“Step-ups”

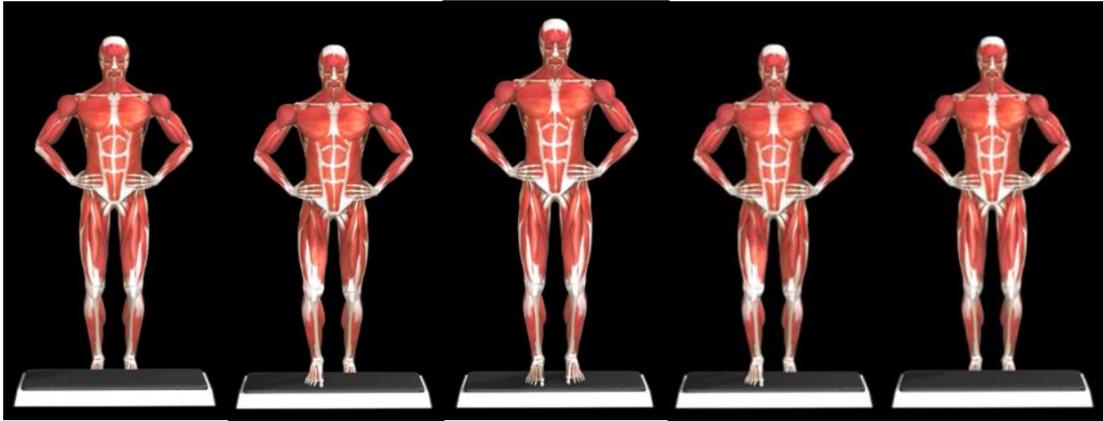


Figura 8. Step-ups.

Preparación: Colóquese frente a la plataforma (15 cm de altura) a una distancia de 15 cm.

Ejecución: Suba el pie derecho a la plataforma. Póngase de pie sobre ella con extensión de cadera y rodilla y plante el pie izquierdo. Baje con la pierna izquierda, flexionando cadera y rodilla derecha. Vuelva a la posición inicial. Repita con la pierna contraria.

Comentarios: Mantenga el tronco erguido durante todo el ejercicio. Rodilla y pie deben estar alineados durante todo el movimiento. Para incrementar la dificultad, aumente la altura de la plataforma o sostenga pesas durante su realización.

Zancadas

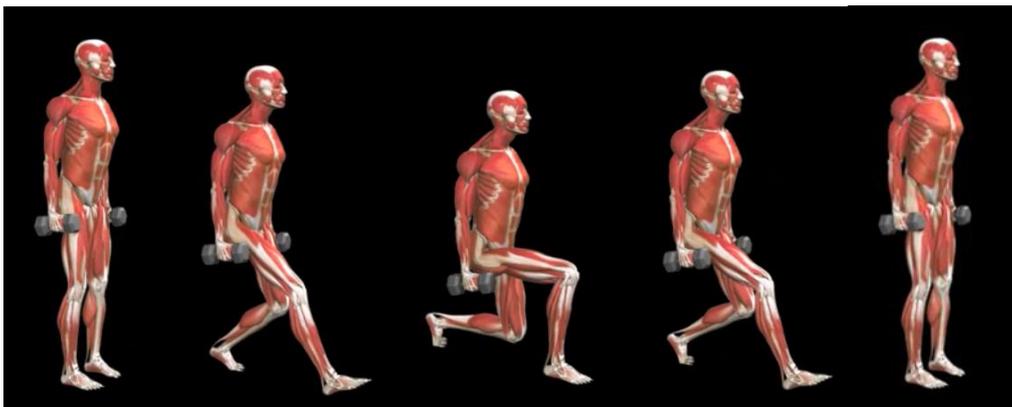


Figura 9. Zancadas.

Preparación: Colóquese de pie, con los pies separados al ancho de las caderas.

Ejecución: Realice una zancada hacia delante con la pierna derecha. Plante el talón y luego el antepié. Baje el cuerpo flexionando la cadera y la rodilla de la pierna derecha hasta que la

rodilla izquierda esté casi en contacto con el suelo. Regrese a la posición original, extendiendo la cadera y rodilla derecha. Repita el procedimiento alternando la pierna de lanzamiento.

Comentarios: Mantenga el tronco erguido durante todo el ejercicio. Rodilla y pie deben estar siempre alineados. Para incrementar la dificultad, sostenga pesas durante el ejercicio.

“Shuttles”

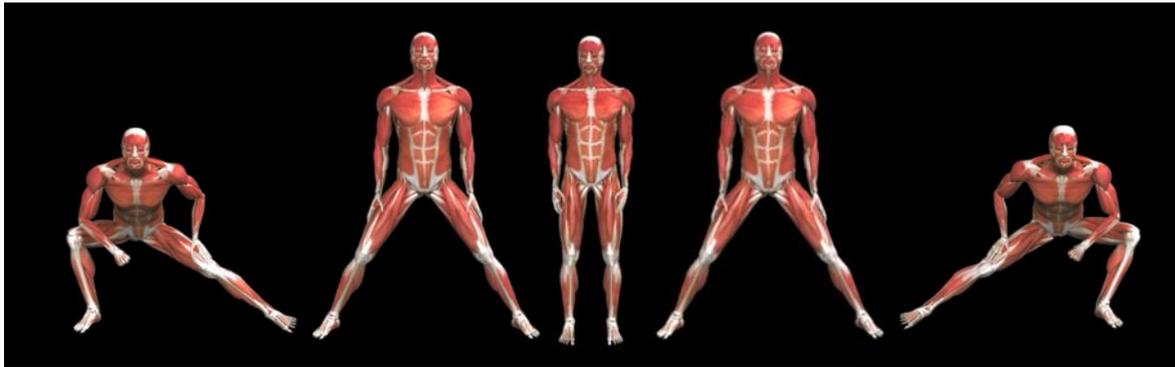


Figura 10. “Shuttles”

Preparación: Colóquese de pie con la espalda erguida en el punto medio entre las dos marcas.

Ejecución: Dé dos pasos amplios a la derecha y agáchese para tocar la marca. Dé dos pasos hacia la izquierda y vuelva a la posición inicial. Repita el procedimiento cambiando de dirección.

Comentario: La espalda debe estar erguida en todo momento. Aumente la velocidad cuando haya comprendido el ejercicio.

Extensión de rodillas



Figura 11. Extensión de rodillas.

Preparación: Siéntese en la máquina con la espalda completamente apoyada y coloque la parte delantera de las piernas bajo la palanca acolchada. La articulación de la rodilla debe estar en línea con el punto de pivote de la palanca. Sujétese a los soportes situados a los laterales.

Ejecución: Empuje la palanca hacia delante y hacia arriba extendiendo las rodillas. Una vez haya alcanzado la extensión completa, regrese a la posición inicial flexionando las rodillas.

Prensa de piernas

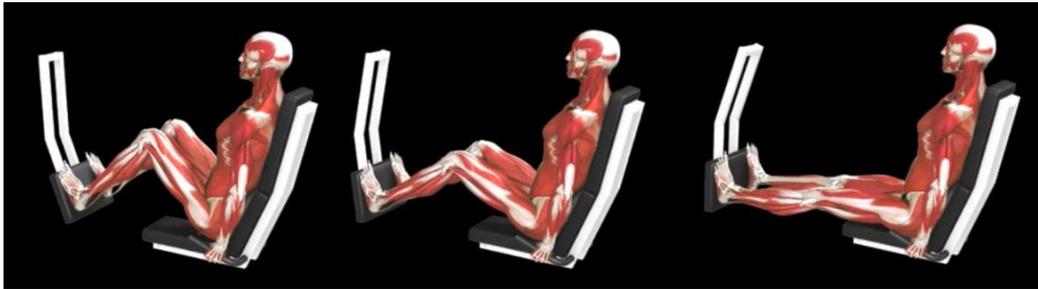


Figura 12. Prensa de piernas.

Preparación: Siéntese en la máquina con la espalda completamente apoyada, coloque los pies sobre la plataforma y sujétese a los soportes laterales.

Ejecución: Extienda las rodillas completamente y recupere la posición inicial.

Comentario: Es necesario ajustar la máquina a cada individuo. Rodilla y pie deben estar siempre alineados y los talones deben estar siempre en contacto con la plataforma.

"Curl" de isquiotibiales



Figura 13. "Curl" de isquiotibiales.

Preparación: Colóquese en la máquina, con una rodilla flexionada apoyada sobre la superficie almohadillada y la otra extendida frente al rodillo vertical. Coloque los antebrazos en los reposabrazos y sujétese a los soportes frontales.

Ejecución: Levante la palanca doblando la rodilla lo máximo posible y descíndala hasta recuperar la posición inicial.

Entrenamiento neuromuscular propioceptivo

Ejercicios de propiocepción.

- Disminución de superficie de apoyo.
- Plataformas inestables.
- Doble tarea.

Comience de pie con los pies separados al ancho de los hombros. Cierre los ojos y manténgase en la misma posición pese a los empujes que intenten desestabilizarle.

Junte los pies y cierre los ojos. Si es capaz de mantener el equilibrio, debe soportar la posición pese a los empujes que intenten desestabilizarle.

Póngase en apoyo monopodal sobre el miembro inferior intervenido. Mantenga el equilibrio. Una vez sea capaz de mantener el equilibrio, cierre los ojos. Una vez superado esto, resista los empujes que intenten desestabilizarle.

Doble tarea. En apoyo monopodal:

1. Realice abducción y aducción de cadera con la pierna no apoyada en extensión.
2. Toque con las manos entrelazadas los distintos puntos que le marco.
3. Reciba y lance el balón al fisioterapeuta.
4. Lleve la pelota de una mano a la otra trazando un semicírculo por encima de su cabeza (la pelota solo se sostiene con dos manos en el punto central).
5. Con los brazos extendidos, comience el movimiento llevando la pelota sobre su cabeza y descienda flexionando la rodilla hasta que la pelota quede en contacto con el suelo.

Una vez sea capaz de realizar los distintos ejercicios sobre superficie estable debe progresar y realizarlos sobre superficie inestable (Bosu®).

Comentarios: Debe realizar los ejercicios descalzo. El fisioterapeuta siempre estará presente para dar seguridad al paciente ante las posibles pérdidas de equilibrio.

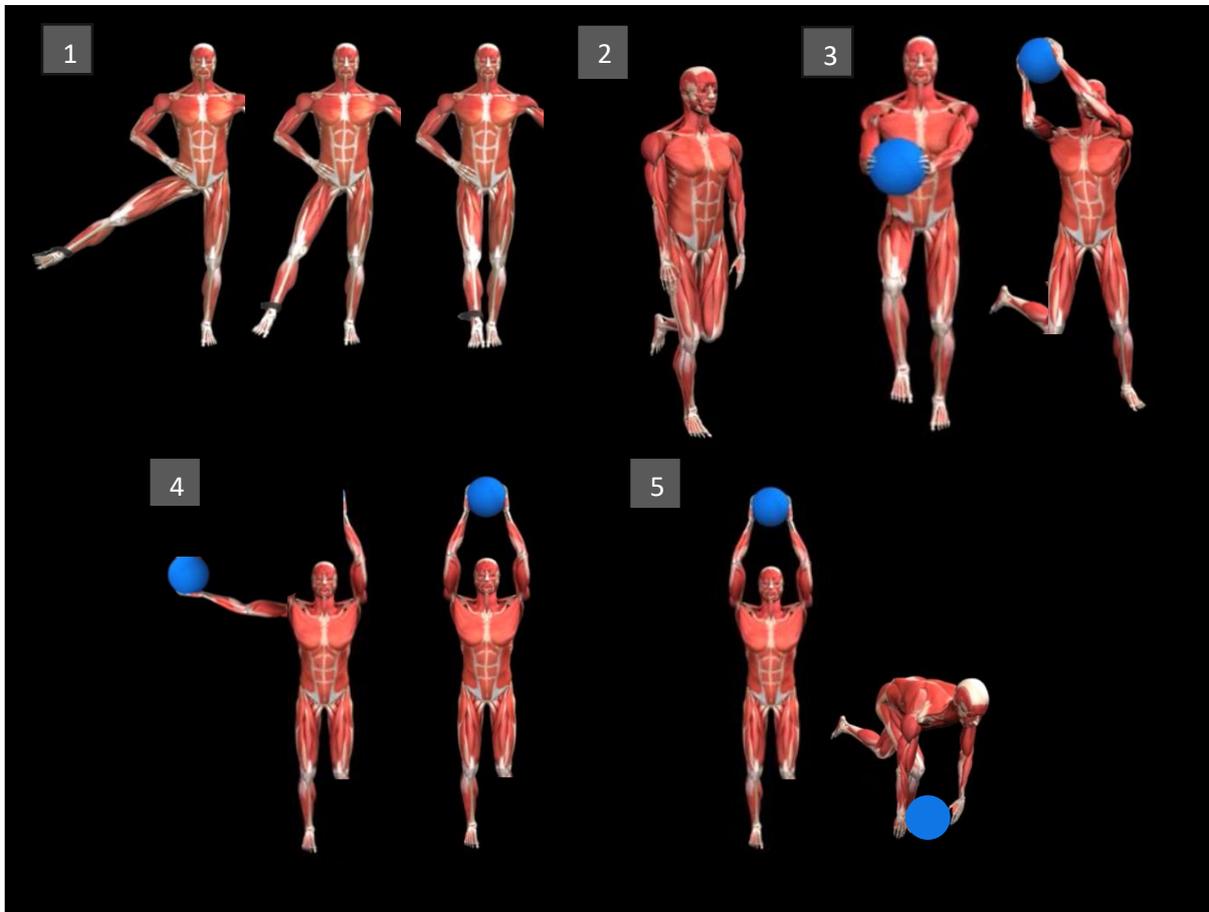


Figura 14. Ejercicios de propiocepción.

Entrenamiento cardiopulmonar

Carrera suave en cinta de correr.

Bicicleta estática.

Bicicleta elíptica.



Figura 15. Máquinas de entrenamiento cardiopulmonar.