



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Título:

***Potenciación con dinamometría excéntrica
Vs. Tratamiento de Pliometría en lesión de
Ligamento Cruzado Anterior en
deportistas.***

Alumno: Paula Viturro Serrano

Tutor: Néstor Pérez Mallada

Madrid, 29 de Abril de 2020

ÍNDICE

Glosario	1
Resumen.	2
Abstract.....	3
Antecedentes y Estado Actual Del Tema.	4
Evaluación de la Evidencia.	19
Objetivos del Estudio.	23
Hipótesis.	24
Metodología.	25
Diseño.....	25
Sujetos de estudio.....	27
Variables.	29
Hipótesis Operativa.....	30
Recogida, Análisis de Datos, Contraste de la Hipótesis.	32
Limitaciones del Estudio.....	39
Equipo investigador.....	40
Plan de Trabajo.....	41
Diseño de la Intervención.....	41
Etapas de Desarrollo.....	43
Distribución de tareas de todo el Equipo Investigador.....	46
Lugar de Realización del Proyecto.	47
Listado de Referencias.	48
Anexos.....	52

Anexo I: Protocolo tras lesión de LCA.	52
Anexo II: Ejemplo de Protocolo de Fisioterapia.	53
Anexo III: Protocolo Habitual de Fisioterapia.	54
Anexo IV: Hoja Informativa al participante en el estudio.	61
Anexo V: Documento de Consentimiento Informado.	64
Anexo VI. Protocolo de dinamometría.	66
Anexo VII. Protocolo de trabajo Pliométrico.	68
Anexo VII: Autorización para el Repositorio.	71

Glosario

SIGLAS	SIGNIFICADO
°	Grados
EMD	Electromechanical Delay
H0	Hipótesis Operativa
Ha	Hipótesis Alternativa
Hz	Herzios
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LCP	Ligamento Cruzado Posterior
N	Newton
RMN	Resonancia Magnética
ROM	Rango Articular de Movimiento
TAC	Tomografía Computerizada

Resumen.

Antecedentes.

La lesión del LCA es muy habitual en el ámbito deportivo, son numerosos factores los que intervienen en la aparición de esta lesión, algunos de ellos son desequilibrios musculares entre musculatura isquiotibial y de cuádriceps, mal control en las frenadas, aspectos como el sexo, edad, laxitud. Para este tipo de lesiones existen dos tratamientos médicos: el conservador y el quirúrgico.

Objetivos.

Comprobar la mejora en la ganancia de Fuerza concéntrica máxima y ROM al añadir al tratamiento habitual de fisioterapia un tratamiento basado en dinamometría isocinética en excéntrico frente a un tratamiento pliométrico.

Diseño.

Se realiza un estudio analítico, experimental, aleatorio, ciego simple modificado, probabilístico por conveniencia en bola de nieve.

Metodología.

El estudio va dirigido a futbolistas de la Liga Adelante de fútbol (Segunda División de fútbol masculino), Liga Española de fútbol femenino (Segunda división), Liga de Fútbol Sala masculino (Primera división), Liga de Fútbol Sala femenino (Primera división). Todos los sujetos elegidos deberán de cumplir los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Se realizarán dos grupos, el grupo 1 lo formarán los sujetos cuya intervención será dinamometría isocinética en excéntrico mientras que en el grupo 2 la intervención será trabajo pliométrico. En ambos grupos habrá dos subgrupos que dividiremos según sexo. Se realizarán dos recogidas de datos, una al iniciar el tratamiento (12 semanas tras la cirugía) y otra al finalizarlo (6 meses tras la cirugía).

El análisis estadístico se llevará a cabo con el programa SPSS.

Palabras Clave.

LCA, excéntrico, fuerza, isocinético y deportistas.

Abstract.

Background.

The ACL injury is really common in the sports field, there are many causes involved in the appearance of the injury, some of them are muscular instabilities between hamstring muscle and the quadriceps, poor control during the brakings, other factors such as the gender, the age or the looseness. In these type of injury there are two medical treatments: the conservative and the surgical one.

Objetive.

Check the improvement in the gain of maximum concentric Force and ROM by adding to the usual physiotherapy treatment a treatment based on isokinetic dynamometry in eccentric versus plyometric treatment.

Design.

An analytical, experimental, randomized, modified single-blind, probabilistic study for convenience in a snowball was performed.

Methodology.

The research is managed to players from the Forward Football League (Second Spanish division of masculine football), the feminine Spanish football League (Second Spanish division), the masculine indoor soccer League (First Spanish Division), the feminine indoor soccer League (First division). All the chosen candidates must fulfill the inclusion and exclusion established criteria. Two groups will be formed, the group number 1 integrated by the candidates whose method will be eccentric isoquinetic dynamometry, while in the second group the treatment will be plyometric exercise. Both of them will be integrated by two other subgroups divided according to the gender. Two gatherings of the results will be carried out: at the beginning of the treatment (12 weeks after the surgery) and once it has been concluded (6 months after the surgery).

Key words.

Anterior Cruciate Ligament, eccentric, strength, isokinetic and athletes.

Antecedentes y Estado Actual Del Tema.

Debido a la alta potencia de los deportistas, alta fuerza de aceleración y de frenada, estos sufren muchas lesiones, una de las más frecuentes es la lesión del Ligamento Cruzado Anterior (LCA). En el ámbito deportivo se han realizado estudios sobre el predominio de esta lesión. En 2014 realizaron una revisión y concluyeron que el 0,8% de las lesiones que padecen los jugadores de fútbol son relacionadas con el LCA. (1)

La prevalencia de esta lesión es de 1/3000 personas y en cuanto a deportistas aumenta a 1/1000. Hay que añadir que este tipo de patología es más habitual en varones que en mujeres, esto puede deberse a que generalmente hay más varones deportistas que mujeres. (2)

El Ligamento Cruzado Anterior (LCA), es un ligamento que se encuentra en la rodilla. En cuanto a la anatomía del LCA, es un tejido intraarticular y extrasinovial. Su origen se encuentra en la fosa tibial y se inserta a nivel del cóndilo femoral lateral, su disposición es hacia atrás, arriba y afuera. Es un ligamento en forma de cordón, la relevancia de este dato es que debido a su forma cordonal cuando se rompe sus terminaciones se retraen. (3)

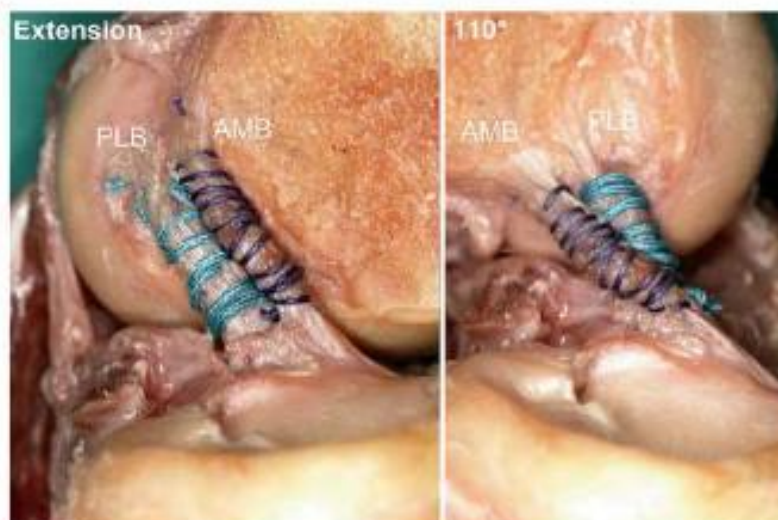


Ilustración 1 Fascículos del Ligamento durante la flexión y extensión. (2)

Es uno de los principales responsables de la estabilidad y propiocepción de la rodilla, ya que se encarga de limitar el movimiento de la Tibia hacia delante y es uno de los principales estabilizadores de rodilla en cuanto a los movimientos rotacionales. (4)

Son numerosos factores los que intervienen en la preeminencia de estas lesiones algunos ya nombrados como el sexo. Pero también en la edad, factores genéticos, la laxitud y factores hormonales. Tenemos también aspectos causales que van a fomentar o no la relevancia de la lesión, como son el contacto o falta de este. El deportista a la hora de la frenada realiza una desaceleración con la pierna en hiperextensión, un giro o pivotar sobre la pierna, son factores que aumentan el riesgo a sufrir esta patología. El 30% de estas lesiones se producen por contacto directo del deportista con otro deportista o con un objeto. (2)

Algunos autores realizaron estudios sobre las posibles causas de la lesión de LCA. En el 67% de los casos la lesión se produce por mecanismos indirectos. (5)

Con respecto al rango de edad predominante, hay mayor incidencia entre los 15-45 años, al año suelen producirse más de 200.000 de lesiones de este Ligamento y en más de la mitad es necesaria intervención quirúrgica.(6) Un estudio realizado a jugadores de fútbol profesional establece que solo el 65% de los deportistas intervenidos de LCA vuelven en un rango de 3 años tras la intervención a jugar a nivel profesional.(7)

En cuanto al diagnóstico de este tipo de lesiones tenemos diferentes métodos. El más objetivo y representativo es una RMN, en la cual observaremos la rotura total, parcial o ausencia de esta. Por otro lado, disponemos de multitud de test: Test de Lachman, Test de cajón anterior (para testar Ligamento Cruzado Anterior), Test de cajón posterior (para testar lesión de Ligamento Cruzado Posterior "LCP"), test del Pívor y del Shift. A parte de estos test es importante objetivar con una prueba de imagen, RMN. (2)

Lo más complicado de las lesiones de LCA, son las recaídas o recidivas que suelen aparecer de manera muy frecuente en los deportistas. (5)

Cuando se produce un movimiento lesivo de este ligamento puede ocurrir un arrancamiento a nivel insercional o en su origen, en el 18% de los casos se produce a nivel femoral, mientras que en el 2% de los casos tiene lugar a nivel de la fosita tibial. (3)

Tras la investigación llegaron a la conclusión de lo siguiente, existe un concepto Electromechanical delay (EMD), este término representa un retraso de tiempo entre el inicio de la actividad mioeléctrica y el aumento de fuerza en el músculo correspondiente, a partir de este concepto continuaron explicando que esta es una de las causas de lesión del LCA. Teniendo en cuenta las propiedades intrínsecas del músculo, la rigidez, la velocidad de conducción y todos los aspectos posibles, en paciente que padecen este tipo de lesiones podría existir un EMD entre la musculatura flexora (Bíceps Femoral y Semitendinoso) y extensora (Recto Femoral, Vasto Medial y Vasto Lateral). Esta conclusión nos lleva a la hipótesis de que en un movimiento brusco (como puede ser una maniobra de frenada en seco o maniobras de aterrizaje) si la musculatura extensora tarda más en activarse que la musculatura flexora o viceversa, la estabilidad de la rodilla podría estar comprometida y lesionarse. (8)

En la siguiente tabla podemos observar la influencia de la lesión de LCA en función del sexo y de diferentes tipos de deporte. Es importante destacar la prevalencia de lesiones de LCA en hombres tanto en fútbol como en Rugby ya que es significativamente mayor que en mujeres, mientras que en esquí la prevalencia es mayor en mujeres. Haciendo un balance global en los principales deportes es mucho más frecuente la lesión en hombres que en mujeres, ya que en fútbol y en rugby, como he añadido anteriormente la diferencia es muy clara. (9)

DEPORTE	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
FÚTBOL	71 (47%)	7	78 (37%)
RUGBY	57 (37%)	0	57 (27%)
ESQUÍ NIEVE	6	18 (30%)	24 (11%)
HOCHKEY CESPED	2	10 (17%)	12 (5,5%)
ARTES MARCIALES (karate, TKW, lucha)	5	7 (11%)	12 (5,5%)
MOTOCICLISMO	5	0	5 (3%)
OTROS: Baloncesto, Voleybol, Handbol, Esgrima, Esquí Náutico.	6	18 (30%)	24 (11%)
TOTAL: 212	152	60	

Ilustración 2 Distribución por sexo y deporte de la lesión de LCA (9)

Tras la reconstrucción de LCA puede aparecer una debilidad o fallo en la activación del Cuádriceps (debido a una inhibición neural), que puede alargarse durante varios meses. Esta disfunción se ha asociado con la biomecánica anormal, la mala funcionalidad de la rodilla, la disminución de la actividad laboral y deportiva. Se ha comprobado que tras la reconstrucción se produce una pérdida de mecanorreceptores del LCA y aparecen compensaciones en el control neuromuscular. Puede verse dañada la entrada neural al Sistema Nervioso Central, las salidas eferentes se ven alteradas provocando una excitabilidad corticoespinal. A su vez, esta podría reducir el impulso eléctrico hacia el Cuádriceps durante la demanda de una contracción, viéndose alterada su acción y eficacia. (10)

Es imprescindible comprender los factores neuronales y morfológicos así como los factores que intervienen en la recuperación de la función y fuerza muscular del Cuádriceps a la hora de tratar una reconstrucción de LCA. En cuanto a los factores neuronales, están relacionados con disminución de la eficacia de la unidad motora durante la activación. Cuanto mayor sea el número de unidades motoras activadas, mayor será la resistencia durante la contracción. Una sincronía en la activación de la fibra muscular y la velocidad de activación favorece el acoplamiento, aumentando la producción de fuerza muscular. Tras un traumatismo los mecanismos inhibitorios disminuyen la excitación neuromuscular produciendo una reducción de la capacidad contráctil del músculo. (11)

A la hora de comenzar la Fisioterapia tras esta cirugía, debemos de tener en cuenta el principio de progresión e individualización, haciendo referencia a los tiempos necesarios para que las estructuras estén preparadas para volver a actividad deportiva. Estos son diferentes en cada persona y deberán de ir siendo valorados por los expertos (médicos, fisioterapeutas...) y por supuesto por el propio deportista. Se establece que a partir de las cinco-seis semanas de la intervención el deportista debe de conseguir todo el rango articular de rodilla. (5)

A continuación, podemos ver una serie de protocolos que establecen tiempos y fases de recuperación. El primero de ellos, es un protocolo realizado por Paredes Hernández y colaboradores, que recoge todas las fases de trabajo que tiene que llevar a cabo un futbolista desde que sufre la lesión hasta que vuelve a la competición. (5) (Anexo I)

Vamos a añadir otro Protocolo realizado por Kevin E Wilk y sobre la Rehabilitación Ortopédica Clínica. Es otro ejemplo de tratamiento post-quirúrgico de LCA adaptado para deportistas. (Anexo II) (12)

Por último, añadiremos otro protocolo habitual de fisioterapia realizado por Patricia Moro y colaboradores (Anexo III) (13)

Debemos de tener en cuenta que es fundamental restaurar la función y fuerza del cuádriceps ya que de no ser así habría más probabilidad de padecer en un futuro una enfermedad ósea crónica (como es el caso de la osteoartritis) en esta articulación. (10) Para ello es necesario conocer algunos aspectos de la disfunción de Cuádriceps. A medida que aumenta el diámetro de la fibra muscular, aumenta la capacidad de generar fuerza. El trofismo

muscular está muy ligado a lesiones traumáticas, se mide con técnicas como ecografía, tomografía computarizada (TAC) o resonancia magnética (RMN). (4)

Al comenzar el tratamiento comenzaremos trabajando contracciones isométricas, seguido de concéntricas y posteriormente excéntricas. Es de gran importancia añadir trabajo a nivel propioceptivo, incorporando en nuestro tratamiento ejercicios en diferentes superficies, iniciando con estables e ir cambiando a inestables con el objetivo de aumentando la dificultad y trabajar la estabilidad. (5)

Todos los deportes tienen aspectos en común uno de ellos es que la fuerza interna es capaz de desplazar una carga externa: (14)

- Esta carga externa puede ser menor que la fuerza interna ejercida, y estaríamos realizando una contracción concéntrica.
- Si la fuerza interna es menor que la carga externa, estaríamos ante una contracción excéntrica.
- Por otro lado, a igualdad de ambas cargas nos encontraríamos ante una contracción isométrica, en este tipo de contracción no existe movimiento.

La fuerza máxima hace referencia a la mayor fuerza que es capaz de realizar un deportista, es la máxima carga externa que puede levantar. (14)

La fuerza máxima de un músculo depende de las propiedades biomecánicas, como es el caso del Ángulo Óptimo. Este último depende de los factores fisiológicos (como la relación longitud-tensión) y mecánicos (como el brazo de palanca durante el movimiento) del músculo. (15)

Como ya he mencionado anteriormente, es importante trabajar en este tipo de lesiones la equidad en cuanto a la fuerza y potencia muscular es ambas piernas, ya que un desequilibrio de fuerza podría provocar desajustes en la vida cotidiana del paciente. Otro de los aspectos a tener en cuenta tras la cirugía de LCA la recuperación del Rango Articular

(ROM) de forma completa. No solo trabajaremos a nivel de la rodilla sino también a nivel de ejercicios para aumentar el control postural. (4)

Tras la cirugía, cuádriceps tarda en volver a su estado normal, pierde mucha fuerza y masa muscular, lo que resulta algo contradictorio ya que al tejido tras la reconstrucción de LCA está sometido a mayor tensión por lo que a nivel de contracción excéntrica el músculo debería de ser más potente. Estos estudios se realizaron un año tras la intervención. Llegamos a la conclusión de que debe existir un cambio en el reclutamiento o se deben de modificar las propiedades intrínsecas del músculo, esto puede ser provocado por el tiempo de descanso en el que el paciente no puede realizar actividad física. Las contracciones excéntricas provocan una mayor sobrecarga en el músculo y esto a su vez favorece la síntesis proteica debido a un mayor reclutamiento de Fibras Tipo II durante la contracción, estas fibras son de contracción rápida o fibras blancas. Que experimentan una mayor hipertrofia que las Tipo I. Se han observado diferencias en cuanto a la ganancia de fuerza a nivel proximal y a nivel distal del músculo Cuádriceps, la hipertrofia a nivel proximal era más significativa que a nivel distal, esto puede explicarse con la teoría de que en las distintas partes del músculo no hay las mismas proporciones de Fibras tipo I y Fibras tipo II. Se ha observado que con un buen entrenamiento añadiendo ejercicios de contracción excéntrica el trofismo del Cuádriceps mejora. Tras las seis semanas podemos empezar a notar cambios muy positivos. (11)

Por lo tanto, a partir de esto podemos afirmar que es imprescindible y de gran importancia en nuestro entrenamiento tras lesión de LCA, el trabajo de contracciones excéntricas que el trabajo en isométrico o concéntrico. Aunque no por esto debemos dar de lado y excluir de nuestro tratamiento el uso de estas contracciones. Ya que nuestro tratamiento a parte de efectivo debe de trabajar todos los tipos de contracciones que el deportista deba tener en su día a día y en sus entrenamientos profesionales. Existen diferentes formas de trabajar con ejercicios excéntricos, algunas más precisas y otras menos precisas. Uno de los métodos más utilizados es el dinamómetro isocinético. (13) Es una herramienta muy utilizada actualmente por su alta fiabilidad y validez. Mide la potencia, el trabajo total, tiempo, ángulo de contracción máxima. (11)

El uso del dinamómetro ha aumentado en los últimos años, es de gran eficacia y ayuda a obtener datos más precisos. El dinamómetro isocinético se utiliza para evaluar la musculatura implicada en un movimiento y la opuesta, en relación a una articulación en

concreto. Nos permite verificar una relación funcional adecuada para una estabilidad dinámica, sobre todo en las fases donde el músculo antagonista actúa como freno del movimiento. (15)

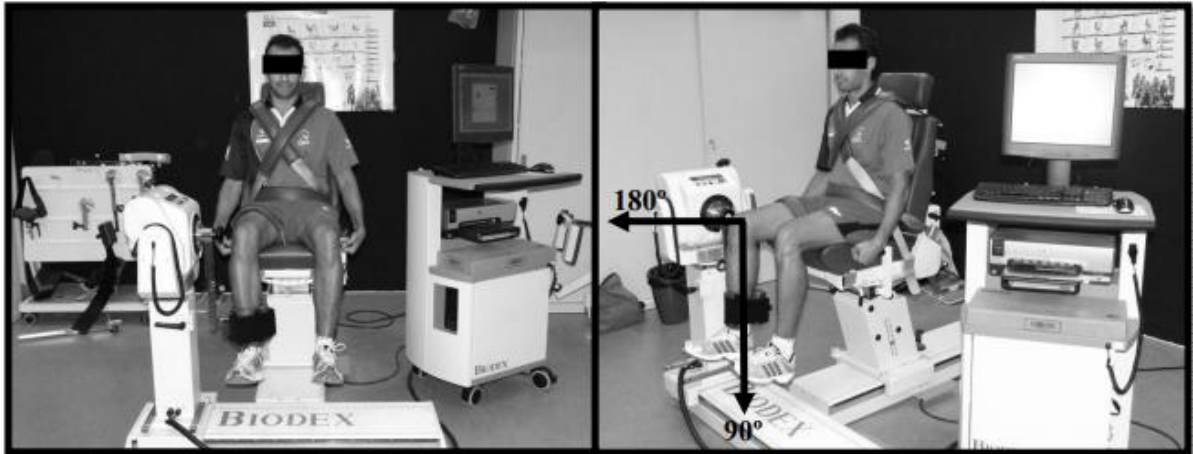


Ilustración 3 Deportista previamente a realizar el test. En la derecha se esquematiza el rango articular. (16)

Según Cozette y colaboradores el procedimiento para el uso de un dinamómetro es el siguiente. Durante la medición el deportista realiza un movimiento de flexo-extensión de rodilla. El dinamómetro establece unos parámetros constantes como la velocidad angular durante todo el movimiento articular, que variará en función de lo que se quiera medir, a decisión del profesional. Los dinamómetros isocinéticos son capaces de proporcionar una resistencia que se acomoda por igual tanto a las fuerzas opuestas como a las fuerzas musculares que queremos trabajar. Primero el deportista deberá de realizar una etapa de contracciones concéntricas utilizando el dinamómetro isocinético, para posteriormente realizar una segunda etapa de contracción excéntrica. El dispositivo requiere una fase de aceleración para alcanzar la velocidad seleccionada, durante esta fase la velocidad irá aumentando y a continuación una fase de desaceleración en la que la velocidad deberá de mantenerse o disminuir según la velocidad a la que queramos llegar o lleve el sujeto. En el caso en el que el sujeto acelerara y desacelerara antes de llegar a la velocidad establecida, luego tendría que volver a acelerar, a medida que aumentan la cantidad de fases aceleración-desaceleración-aceleración-desaceleración, el Rango Isocinético podría verse afectado y disminuir. (15)

A la hora de extrapolar los datos en el dinamómetro isocinético, tomando como referencia la articulación de la rodilla se establece que el valor óptimo de balance muscular entre la musculatura del cuádriceps e isquiotibiales debe de estar entre el 0,5-0,8. Sin embargo, algunos autores establecen como valor mínimo 0,6. Si nuestros datos no se sitúan en este rango hablamos de desequilibrios. (17)

Por lo tanto, el dinamómetro podría ayudarnos a observar con exactitud si existe un desequilibrio entre agonistas y antagonistas de rodilla. En el caso de que en nuestro deportista existiera, deberíamos potenciar el músculo más débil, para que en caso de demandas de estabilidad en la articulación de la rodilla no se produzca un déficit en uno de ellos y por lo tanto desequilibrio en la estabilización. Como ya hemos explicado anteriormente la mayoría de lesiones en LCA se producen por un desequilibrio agonista-antagonista. Este método de entrenamiento nos ayudaría a conseguir objetivos más específicos. (7,15)

Pero el dinamómetro no es el único tratamiento que podemos incorporar, existen otras técnicas como es el trabajo con ejercicios pliométricos, La principal base de esta actividad consiste en el trabajo del deportista con su propio peso, diferentes velocidades, incorporar impactos, saltos y actividades. La finalidad de este será conseguir movimientos potentes y de gran velocidad. Incorpora la importancia del trabajo de la fuerza máxima en el menor tiempo posible. En comparación con el ejercicio clásico de fortalecimiento numerosos estudios son los que han demostrado que la fuerza explosiva es significativamente mejor incorporando trabajo pliométrico. Este trabajo consta de diferentes fases de "Strech-shortening" acortamiento-estiramiento. En un primer momento el músculo sufre una contracción, más minuciosamente una contracción excéntrica, y a continuación sufre un acortamiento, de tal modo que las inserciones musculares primeramente se separan (contracción excéntrica) para a continuación comenzar a aproximarse (contracción concéntrica) (12)

- Con este método el músculo es capaz de transformar energía química en trabajo y a su vez permite el sentido inverso cuando el trabajo es producido por una fuerza externa y se necesita un estiramiento del músculo.
- Durante la fase de estiramiento se consigue una acumulación de energía elástica potencial, que será transformada posteriormente en energía química durante la fase de contracción (concéntrica/acortamiento).
- Otro de los beneficios de este trabajo es la activación del reflejo miotático.

- Mejora la coordinación intramuscular.
- Debemos de tener cuidado con el empleo de pliometría ya que puede provocar tendinitis y hay un elevado riesgo de lesión en pacientes no entrenados.(12)

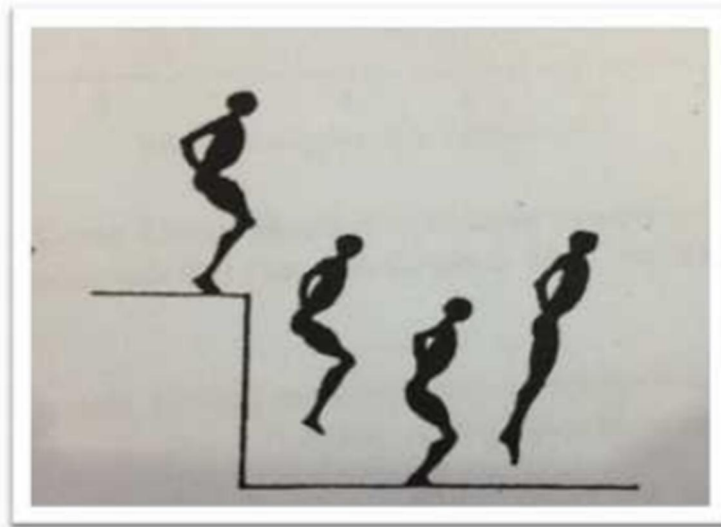


Ilustración 4 Ejercicio Pliométrico. Periodo de acortamiento-estiramiento. (12)

En los ejercicios de pliometría el deportista debe realizar movimientos de aceleración seguidos de desaceleraciones. Se ha demostrado que los ejercicios pliométricos son eficaces a la hora de trabajar sobre todo en el ámbito deportivo, y a que conseguimos una mejora de la velocidad, ritmo, fuerza e incluso resistencia muscular, debemos tener en cuenta que con esta técnica no se obtienen datos respecto a mejora de masa muscular. (18)

Se han realizado varios estudios sobre la incorporación al deporte tras las lesiones de rodillas y los aspectos a tener en cuenta, uno de ellos fue realizado por Dusanka Marn-Vukadinovic y colaboradores. Hay un gran debate en cuanto a qué momento se debería de producir la incorporación al a actividad deportiva, los médicos se rigen por factores médicos, modificadores de riesgo deportivo y de decisión. En este estudio se tuvieron en cuenta los aspectos más importantes de un deportista para volver a la actividad deportiva tras sufrir una lesión ya sean problemas de ligamento, meniscos, cartílago, tendones o incluso tras intervenciones quirúrgicas. Otro de los criterios de inclusión del estudio fue realizar actividad deportiva de 4-6 en la Escala de actividad Tegner antes de la lesión. Para evaluar los avances en la recuperación de la lesión se tienen en cuenta la laxitud de la rodilla, rango de movimiento,

circunferencia de la extremidad y fuerza isocinética, esta última medida es de las más importantes a tener en cuenta la hora de la readaptación deportiva. Es importante que no haya inestabilidad articular o inflamación. Que el rango articular de rodilla esté normalizado y en cuanto a la fuerza muscular debería de conseguirse un 70-100 %. Para ir viendo los avances en la ganancia de fuerza de extensores y flexores de rodilla se utilizó el Dinamómetro Isocinético tras 15 minutos de calentamiento en bicicleta los participantes debían de realizar 8 series de 3 contracciones consecutivas de flexores y extensores de rodilla, se tuvo en cuenta tanto en contracciones concéntricas como en excéntricas, con velocidades de 60 y 180 °/seg. con un periodo de descanso de 2 minutos en cada serie. Tras el estudio, el autor llegó a la conclusión de que un factor de riesgo muy elevado en las lesiones de rodilla es la poca fuerza excéntrica de los Isquiotibiales. Por otro lado, se observó una mejora significativa en los extensores de rodilla, refiriéndonos al dolor, especificidad y sensibilidad. (19)

Philip Graham-Smith realizó un estudio sobre las lesiones producidas a la hora de la aceleración y desaceleración máxima en la carrera. El momento de mayor peligro en la carrera es la fase de contacto, en la que el pie gira y la rodilla se encuentra a unos 5-30 grados de flexión, en esta posición se producen muchas lesiones de LCA. Actualmente se da gran importancia a aumentar lo máximo posible la velocidad de los deportistas y el equipo técnico se centra tanto en la velocidad de aceleración que la velocidad de desaceleración queda en segundo plano, y es uno de los aspectos más lesivos de la carrera, por lo que es importante trabajarlo de igual forma. Para ello es necesario realizar estudios individualizados de cada deportista para saber sus estrategias y fuerzas de frenado más efectivas para prevenir el riesgo de lesiones. (20)

Valentine Zimmermann Vargas realizó un estudio con sus colaboradores en el que investigó la relación de la edad, el género, la fuerza muscular, las lesiones de LCA y déficits contralaterales en deportistas, sobre todo dirigido a deportistas de fútbol femenino. Tras realizar varias pruebas y tomas de datos, observó que existen diferencias significativas en la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales en deportistas sanas. Esto nos hace ver que, aunque no haya existido lesión es muy importante que el equipo multidisciplinar (fisioterapeuta, médico...) trabaje de la mano para prevenir lesiones, sobre todo de LCA en el caso de futbolistas. En el caso de haber existido previamente una lesión la importancia de reestablecer los valores de fuerza en cuádriceps e isquiotibiales y que sean lo más parecidos posibles aumenta. Por otro lado, en este estudio observaron que el porcentaje de lesión de LCA disminuye en los grupos en los que hay más días de entrenamiento a lo largo de la semana,

por lo que el control y la fuerza muscular de los músculos cercanos a la rodilla es muy importante para prevenir estas lesiones. El estudio se realizó tras haber calentado en bicicleta y haber realizado varias series de calentamiento, la toma de datos fue llevada a cabo por un experto en dinamometría. (21)

Petr Stastny y colaboradores comenzaron a estudiar la relación que guardan los desequilibrios entre fuerza en músculos antagonistas, en este caso entre cuádriceps e isquiotibiales, unilateralmente y contralateralmente. Es muy importante conocer estos datos ya que ambos grupos musculares trabajan en coactivación durante la marcha y más aún durante la carrera. Por lo que para evitar lesiones deberían de estar lo más equilibrados posible. Los músculos extensores de rodilla son de gran importancia durante la propulsión al salto y la carrera mientras que los flexores actúan principalmente durante el aterrizaje y la desaceleración. Los desequilibrios existentes se subsanarían con el entrenamiento dirigido y no solo con el trabajo concéntrico, sino que debemos de añadir el trabajo más importante que son las contracciones excéntricas. Para realizar todo este proceso el atleta debe de familiarizarse con el dinamómetro y con las tomas de datos ya que estas tienen que ser muy precisas y exactas, por lo que para realizar este estudio los deportistas realizaron una toma de contacto de casi 2 meses. Otro de los factores muy importantes de este estudio y que es muy importante en cualquier estudio con dinamometría es controlar en todo momento que el dinamómetro esté bien alineado con respecto al eje de la rodilla. Teniendo en cuenta todo esto, consideramos que, si la diferencia bilateral es mayor a un 15%, habrá probabilidad de padecer lesión en la rodilla. Si es superior al 20%, la lesión será más que probable. Mientras que, si es inferior al 10%, la lesión no es probable, ya que no se considera que haya un desequilibrio significativo. Este método tiene algunas limitaciones como es el caso de las contracciones isocinéticas y movimientos simples o únicos. No obstante, probablemente la medición mediante aparatos isocinéticos de las contracciones excéntricas y concéntricas sea más válida, pero se deberá de realizar en un laboratorio. (22)

Joanna Kvist y colaboradores realizaron un estudio sobre la rotación tibial durante las diferentes contracciones, este estudio fue publicado en el Periódico especializado en Fisioterapia Ortopédica y Deportiva en 2001. Todos los participantes del estudio tenían patología de rodilla tipo artrosis, lesiones de LCA, pero uno de los criterios de exclusión fue que los pacientes hubieran tenido alguna intervención quirúrgica en la rodilla. A la hora del análisis de datos solo tuvieron en cuenta el plano sagital y el ángulo de flexión de rodilla. El paciente debía de realizar un previo calentamiento, basado principalmente en bicicleta

ergonómica y pruebas instrumentadas de Lachman, la prueba fue realizada con el paciente sentado y sujeto con unas correas al asiento, los movimientos fueron realizados con una velocidad de 100 Hz. Se utilizó el dinamómetro isocinético (KinCom). A parte de utilizar el dinamómetro también se tuvieron en cuenta datos de contracción y activación muscular mediante electromiografía, principalmente de los siguientes músculos: vasto medial, lateral, bíceps semitendinosos y semimembranoso. La primera prueba consistió en contracciones concéntricas máximas, tanto de isquiotibiales como de cuádriceps. En total los participantes tuvieron que realizar pruebas de 3 repeticiones cada una. Durante la prueba de contracción excéntrica, los participantes tenían que relajarse en la fase de extensión y resistir el movimiento cuando el dinamómetro flexionaba la rodilla, de este modo estaríamos analizando la contracción excéntrica de cuádriceps. Tras este estudio se observó que la rotación Tibial aumenta con la contracción de Cuádriceps, tanto en contracción excéntrica como en contracción concéntrica. Del mismo modo observaron que en pacientes con lesión en LCA, la rotación Tibial se limita en contracción concéntrica pero no en contracción excéntrica. (23)

Vasconcellos y colaboradores analizaron los posibles beneficios que podría tener realizar cambios en el dinamómetro isocinético y convertirlo en dinamómetro isométrico, aplicándolo a pacientes tras cirugía de LCA. Realizaron el estudio incorporando un dinamómetro isométrico en máquinas de mecanoterapia. El objetivo era observar déficits en el rendimiento de la musculatura extensora y flexora. Tenemos que destacar nuevamente la gran importancia de conocer posibles déficits en el rendimiento, sobre todo muscular en los deportistas, por una finalidad preventiva. (24)

J.Parry Gerber, y colaboradores realizaron un estudio en el que analizaron en deportistas con lesión de LCA si el uso de entrenamiento con ejercicio excéntrico acompañando la rehabilitación estándar aumentaba la fuerza muscular, la masa muscular y la mejoría temprana tanto del músculo cuádriceps como glúteo. En este estudio participaron deportistas intervenidos quirúrgicamente de LCA con injerto del semitendinoso-gracilis. Establecieron que, tras las tres primeras semanas, la incorporación del trabajo excéntrico aumenta la masa muscular, la fuerza y la mejoría temprana de la lesión. Esto fue comprobado tras seis semanas, en comparación con el protocolo estándar de rehabilitación. No se han estudiado los efectos a largo plazo, del uso de este procedimiento. (25,26)

Hayri Baran Yosmaoglu y colaboradores realizaron un estudio en el que investigan el control motor, fuerza y funcionalidad del deportista tras una lesión de LCA. En cuanto a la fuerza y control tanto concéntrico como excéntrico se midió con un dinamómetro isocinético, se tuvieron en cuenta principalmente los músculos cuádriceps e isquiotibiales. Primero vamos a explicar el significado de control motor. El control motor es la capacidad de controlar durante un movimiento la actividad agonistas-antagonista, poder tener conocimiento de movimiento que estamos realizando y hacerlo con la mayor precisión posible. Este control nos ayuda a evitar posibles lesiones por exceso de movimiento, por ejemplo, realizamos una extensión de rodilla, el principal agonista del movimiento es el cuádriceps, pero los isquiotibiales (antagonistas) deben de activarse para controlar el movimiento, estos último se activan en mayor porcentaje al final del movimiento, limitando el límite de la extensión y evitando una posible lesión por un movimiento excesivo. Llegaron a la conclusión de que tras 12 semanas de entrenamiento los pacientes mejoraban significativamente la fuerza muscular de la pierna afectada, pero era muy significativa a falta de coordinación y control motos de esa pierna que en cierto modo es uno de los aspectos más importantes a trabajar y a tener en cuenta en todas las lesiones, ya que es un posible factor de recidiva o recaída en la lesión. Estos autores destacan que es muy importante para trabajar y mejorar esta coordinación que los fisioterapeutas incorporen aspectos y trabajo neuromuscular en el tratamiento. (27)

Christin Zwolski y colaboradores realizaron un estudio en el que en el que dan mayor importancia al diagnóstico y evolución médica a la hora de volver al deporte en pacientes tras cirugía de rodilla, es de gran importancia la exactitud de los métodos de medida empleados, no todos los médicos pueden disponer de estos elementos. El más usado y fiable es el uso del dinamómetro isocinético. Estudios previos demuestran que entre el 20-30% de los deportistas que vuelven al deporte sufrirá otra lesión de LCA y aproximadamente el 50% podría sufrir osteoartrosis de rodilla en los siguientes 10 años. (28)

Matjaz Sajovik y colaboradores desarrollaron un estudio sobre un gran debate actual sobre los injertos en la cirugía de LCA. Son muchos los estudios que hay sobre este tema, y muchos aspectos que intervienen, como los músculos de los que utilizar el injerto, los cirujanos que realizan la intervención, la gravedad de la rotura de LCA o el desgaste articular de rodilla, son algunos de estos aspectos. Se ha descubierto que la inestabilidad articular de la rodilla guarda relación con lesiones meniscales o condrales y con problemas degenerativos articulares. En las intervenciones quirúrgicas de LCA, los injertos que van a suplir la función del ligamento roto pueden extraerse del tendón rotuliano, tendón del semitendinoso o del

tendón del gracilis. En cuanto a los primeros, se ha observado que puede aparecer dolor femoropatelar, riesgo de fractura de la rótula, y debilidad o ruptura del tendón rotuliano. En cuanto a los injertos de isquiotibiales, los principales riesgos son debilidad muscular a la contracción y una curación más lenta del lugar de fijación del injerto. (9,29)

El periodo más crítico tras la cirugía de LCA son las siguientes 6-12 semanas. Tras la cirugía, en estancia hospitalaria el paciente deberá conseguir un rango de 0-90°. Tras ser dado de alta deberá de llevar una prótesis ortopédica durante 3 semanas, deberá de quitarse para las sesiones de rehabilitación y para dormir. Es de gran importancia que no se trabajen ejercicios contra resistencia durante las 6 primeras semanas, sobre todo extensión contra resistencia. No obstante, es importante trabajar toda la amplitud del rango articular, de forma activa y pasiva. Tras realizar este estudio llegaron a la conclusión de que ambos métodos quirúrgicos son de gran eficacia y que, al depender de tantos aspectos, el cirujano es el que deberá de elegir el mejor método a emplear, no obstante, en cuanto a la rehabilitación es menos agresivo y de menor riesgo en un futuro el uso del injerto de isquiotibiales (semitendinoso). (29)

Evaluación de la Evidencia.

Conforme al título del trabajo se han seleccionado las siguientes palabras clave, las cuales intentan responder a nuestro objetivo del estudio.

ESPAÑOL	INGLÉS	MESH	DECS	TÉRMINO LIBRE
Ligamento Cruzado Anterior	Anterior Cruciate Ligament	Si	Si	Si
Excéntrico	Eccentric	No	No	Si
Concéntrico	Concentric	Si	No	Si
Isocinético	Isokinetic	Si	No	Si
Entrenamiento	Training	Si	Si	Si
Dinamometría	Dynamometric	No	No	Si
Fuerza	Strength	No	No	Si
Deportista	Athletes	Si	Si	Si
Fisioterapia	Physical Therapy	Si	Si	Si

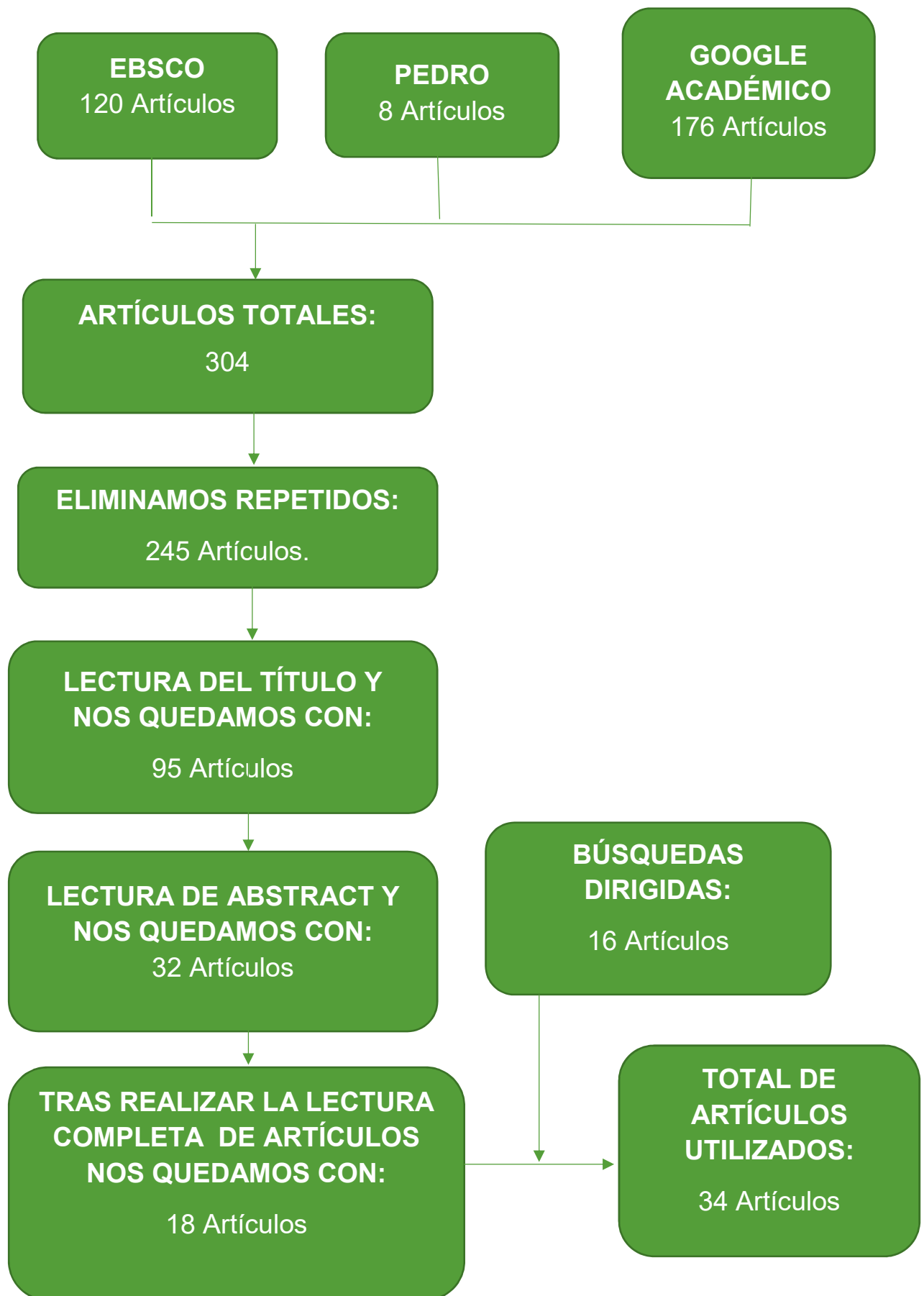
A día 24 de octubre de 2019 comenzamos a realizar la primera estrategia de búsqueda la cual ha consistido en la combinación de las siguientes palabras clave: Anterior Cruciate Ligament AND Strength. Decidimos realizar nuevas estrategias por el número tan elevado de artículos que aparecen. Para intentar acotar la búsqueda añadimos el término Eccentric a la búsqueda. Debido a la gran cantidad de artículos en la estrategia de búsqueda anterior cambiamos la estrategia, para esta nueva búsqueda hemos los siguientes términos: Anterior Cruciate Ligament AND Eccentric, Tras esta búsqueda incorporamos el término Physical Therapy.

A día 05 de noviembre de 2019 continuamos buscando una correcta búsqueda. Vamos a combinar las palabras clave Eccentric AND Anterior Cruciate Ligament AND Dynamometry.

El día 07 de noviembre de 2019 volvemos a realizar búsquedas, combinamos las palabras clave: athletes, Isokinetic Dynamometer and Strength obteniendo los resultados presentes en la tabla. A estos términos añadimos el término Physical Therapy con el objetivo de acotar la búsqueda.

El día 12 de noviembre de 2019 realizamos varias búsquedas más con el objetivo de combinar el máximo de palabras clave posibles, en este caso combinamos Physical Therapy AND Anterior Cruciate Ligament, debido a la gran cantidad de artículos que aparecen, añadimos una palabra clave más Dynamometer, aplicando límite temporal (2000-2020).

Este mismo día realizamos otra búsqueda más combinando Physical Therapy AND Anterior Cruciate Ligament AND Eccentric con el límite temporal de 2000-2020.



ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	LÍMITES	BASES DE DATOS		
		EBSCO	GOOGLE ACADEMIC	PEDRO
Anterior Cruciate Ligament AND Strength		3 Artículos	85600 Artículos	213 Artículos
Anterior Cruciate Ligament AND Strength AND Eccentric		0 Artículos	14700 Artículos	12 Artículos
Anterior Cruciate Ligament AND Eccentric		451 Artículos	14600 Artículos	14 Artículos
Anterior Cruciate Ligament AND Eccentric AND PhysicalTherapy		58 Artículos	13100 Artículos	3 Artículos
Anterior Cruciate Ligament AND Eccentric AND Dynamometric	2015-2020	18 Artículos	1390 Artículos	0 Artículos
Athletes AND Isokinetic Dynamometer AND Strength		178 Artículos (2015-2020)	6980 Artículos (2015-2020)	7 Artículos
Athletes AND Isokinetic Dynamometer AND	2015-2020	26 Artículos	3170 Artículos	0 Artículos
Physical Therapy AND Anterior Cruciate Ligament		2640 Artículos	50900 Artículos	59 Artículos
Physical Therapy AND Anterior Cruciate Ligament AND Dynamometer		82 Artículos	7480 Artículos	1 Artículo
Physical Therapy AND Anterior Cruciate Ligament AND Dynamometer	2000-2020	67 Artículos	6660 Artículos	1 Artículo
Physical Therapy AND Anterior Cruciate Ligament AND Eccentric	2000-2020	55 Artículos	12400 Artículos	3 Artículos

Objetivos del Estudio.

Objetivo General:

- Cambios biomecánicos al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.

Objetivos Específicos:

- Objetivo Específico 1: Valorar cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
- Objetivo Específico 2: Valorar cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
- Objetivo Específico 3: Valorar si el sexo influye en los cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de LCA en deportistas.
- Objetivo Específico 4: Valorar si el sexo influye en los cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.

Hipótesis.

En deportistas intervenidos por lesión de LCA al añadir al tratamiento habitual de Fisioterapia ejercicios excéntricos con dinamometría mejora el ROM y Fuerza concéntrica máxima durante el proceso de la lesión.

Metodología.

Diseño.

Estudio analítico, experimental, aleatorio, ciego simple modificado, de tal forma que cegaremos al estadístico en lugar de cegar al paciente.

Se divide en dos grupos de manera aleatoria, en uno de los grupos (1) realizaremos trabajo isocinético excéntrico más el tratamiento habitual de fisioterapia dentro de este grupo habrá dos subgrupos (1a) únicamente de hombres y en el (1b) de mujeres, mientras que en el otro grupo (2) a parte del tratamiento habitual de fisioterapia se le añadirán ejercicios de pliometría de la misma forma en el (2a) se analizará a los hombres y en el (2b) a las mujeres. De este modo a parte de analizar cuál es el tratamiento más eficaz observaremos si el sexo influye en la eficacia de un tratamiento u otro.

<u>GRUPO 1</u> Incorporar trabajo isocinético excéntrico al tratamiento habitual de fisioterapia tras cirugía de LCA.	GRUPO 1a: sujetos varones con el tratamiento del grupo 1.
	GRUPO 1b: sujetos mujeres con el tratamiento del grupo 1.
<u>GRUPO 2:</u> Incorporar trabajo de pliometría al tratamiento habitual de fisioterapia tras cirugía de LCA.	GRUPO 2a: sujetos varones con el tratamiento del grupo 2.
	GRUPO 2b: sujetos mujeres con el tratamiento del grupo 2.

Vamos a tener en cuenta los principios éticos agrupados en la Declaración de la Asociación Ética Mundial, en 2008, actualización de la Declaración de Helsinki.

A parte de esta información los integrantes del estudio entregaremos una Hoja Informativa sobre el estudio a los participantes del estudio (Anexo IV) y el Documento de

Consentimiento informado (Anexo V) este deberá ser leído y firmado por los mismos, para poder participar en el estudio. Garantizando en él, que los datos recogidos de los integrantes del estudio no podrán ser utilizados con otros fines fuera de la investigación. Cumpliendo la Ley de Protección de Datos, los datos de los pacientes únicamente los conoceremos el equipo investigador, en ningún momento podrán ser extrapolados indicando el nombre o cualquier dato que pueda vincularse con el sujeto.

Sujetos de estudio.

Población diana: Deportistas federados, mujeres y hombres que hayan sido intervenidos recientemente de LCA.

Para conseguir la mayor homogeneidad posible nuestro estudio contará con los siguientes criterios, nos hemos basado en la investigación realizada por Michael Berenguer Dobato. (30) y en cuanto a las edades de nuestros participantes nos basaremos en un estudio realizado por Luis Torre Izquierdo (2).

CRITERIOS DE INCLUSIÓN
Futbolistas intervenidos de LCA.
Haber recibido tratamiento quirúrgico de LCA.
Evolución postquirúrgica mayor a 3 meses.
Edades entre los 15-37 años. (2)
Futbolistas federados de primera o segunda división Liga Española.
Sujetos que estén dispuestos a desplazarse para la realización del estudio.
Extensión de rodilla completa o igual a la contralateral.
Flexión de rodilla igual a la contralateral o una diferencia inferior al 5%.
Dolor inexistente o por debajo del 20% en la escala EVA en las actividades de la vida diaria (AVD)
Índice de fuerza en cuádriceps del 80% respecto a la contralateral.
Sujetos que estén de acuerdo en la intervención que se les va a realizar.
Sujetos que hayan firmado el documento de consentimiento informado (Anexo V)

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Pacientes con lesiones, meniscales o de otros ligamentos, añadidas.

Pacientes con lesiones en las dos rodillas.

Futbolistas que quieran retirarse de la vida deportiva.

Lesiones previas en LCA.

Participantes en otros estudios a parte de este.

Muestra: Para nuestro estudio analizaremos jugadores y jugadoras, los agruparemos en nuestros grupos mediante un muestreo por conveniencia en bola de nieve. Los jugadores/as serán seleccionadas de los siguientes equipos:

- Liga Adelante de fútbol: Segunda División de fútbol masculino.
- Liga Española de fútbol femenino: Segunda división.
- Liga de Fútbol Sala masculino: Primera división.
- Liga de Fútbol Sala femenino: Primera división.

Para elegir los deportes hemos tenido en cuenta que las características de físicas de los deportistas sean parecidas, si cogiéramos jugadores de fútbol y de baloncesto podrían aparecer sesgos, ya que los deportes son muy diferentes y la morfología de sus jugadores es muy distinta.

Variables.

VARIABLES	TIPO	HERRAMIENTA DE MEDIDA	UNIDADES DE MEDIDA	
DEPENDIENTES	ROM (Flexo- extensión de rodilla)	Cuantitativa Continua	Goniómetro Hawk. (31)	Grados (°)
	Fuerza Concéntrica Máxima	Cuantitativa Continua	Dinamómetro Isocinético.	Newton (N)
INDEPENDIENTES	Sexo	Cualitativa Nominal Dicotómica		0= hombres 1= mujeres

Hipótesis Operativa.

1. Hipótesis Operativa para el Objetivo Específico 1: Valorar cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
 - Hipótesis Nula (H_0): no existen diferencias significativas en cuanto a cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
 - Hipótesis Alternativa (H_a): existen diferencias significativas en cuanto a cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.

2. Objetivo Específico 2: Valorar cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
 - Hipótesis Nula (H_0): no hay diferencias significativas en cuanto a cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro trabajo habitual de fisioterapia tras la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
 - Hipótesis Alternativa (H_a): hay diferencias significativas en cuanto a cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro trabajo habitual de fisioterapia tras la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.

3. Objetivo Específico 3: Valorar si el sexo influye en los cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.

- Hipótesis Nula (H0): no hay diferencias significativas en cuanto a la influencia del sexo en los cambios de Fuerza al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
 - Hipótesis Alternativa (Ha): hay diferencias significativas en cuanto a la influencia del sexo en los cambios de ROM al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
4. Objetivo Específico 4: Valorar si el sexo influye en los cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
- Hipótesis Nula (H0): no hay diferencias significativas en cuanto a la influencia del sexo en los cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.
 - Hipótesis Alternativa (Ha): hay diferencias significativas en cuanto a la influencia del sexo en los cambios de Fuerza concéntrica máxima al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras la lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas.

Recogida, Análisis de Datos, Contraste de la Hipótesis.

Vamos a realizar un estudio probabilístico por conveniencia en bola de nieve.

Vamos a utilizar la siguiente fórmula para calcular el tamaño muestral, comparamos dos grupos independientes. Aplicaremos esta fórmula a todas las variables (ROM, Fuerza concéntrica máxima y Sexo). El objetivo será conseguir el mayor número de sujetos posibles para obtener datos con la mayor significación.

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

Significado de las siglas de la fórmula:

- N: número de sujetos.
- SD: desviación típica o estándar.
- d: precisión.
- K: constante determinada por el nivel de significación.

En los estudios de investigación sanitarios el nivel de significación tiene un valor de 5% (α) mientras que la significación o potencia estadística ($1 - \beta$) sea del 80%

NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)			
Poder Estadístico (β)	5%	1%	0,10%
80%	7.8%	11,7%	17,1%
90%	10,5%	14,9%	20,9%
95%	13%	17,8%	24,3%
99%	18,4%	24,1%	31,6%

A continuación, vamos a proceder al cálculo de sujetos necesarios para llevar a cabo nuestro estudio, para ello compararemos el tamaño muestral de nuestras variables, ROM en flexión, ROM en extensión y Fuerza, una vez tengamos estos datos los compararemos entre sí y nos quedaremos con la variable que necesite mayor número de sujetos con el objetivo de que nuestro estudio sea lo más completo posible.

Para calcular el tamaño muestral de nuestro estudio nos vamos a basar en los datos encontrados sobre la variable Fuerza en un estudio. En el artículo utilizado aparecen los siguientes datos:

Table 4. Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig (2-tailed)	Paired Correlation	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					Correlation	Significance
				Lower	Upper					
Week 1-Week2	-.137	3.00988	.40959	-.95858	.68450	-.33	53	.739	.949	.000

Ilustración 5 Resultados del Test. Datos Utilizados. (32)

Para el cálculo de nuestro tamaño muestral utilizaremos los datos de desviación típica (sd = 3.00988) y la precisión en positivo (d = 1,370) para establecer la precisión hemos

utilizados los datos de diferencia entre las medias. Estos datos son introducidos en la calculadora del tamaño muestral Granmo para dos medias.

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 85 sujetos en el primer grupo y 85 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior a 1,370 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 3.00988. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 10%. Estimando el 10% de posibles pérdidas, necesitaríamos 93,5 sujetos en el primer grupo y 93,5 sujetos en el segundo grupo, puesto que no podemos contar con medio sujeto realizaremos un redondeo hacia arriba para contar con el mayor número de sujetos por lo que necesitaremos 94 sujetos en cada grupo.

Por otro lado, en cuanto a la variable ROM, hemos utilizado los datos estadísticos que aparecen en un artículo. Utilizaremos los datos de la 4 semana como post tratamiento, son los siguientes:

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
1-Operada	16	-2,13	5,451	-10	10
1-No operada	16	-9,00	2,309	-12	-5
2-Operada	16	-5,75	3,821	-10	6
2-No operada	16	-9,63	1,455	-12	-5
3-Operada	16	-7,31	2,869	-10	0
3-No operada	16	-9,81	,544	-10	-8
4-Operada	16	-9,06	1,526	-10	-6
4-No operada	16	-10,00	,000	-10	-10
1-Operada	16	134,13	9,142	120	150
1-No operada	16	149,63	7,813	135	160
2-Operada	16	141,25	9,220	125	160
2-No operada	16	152,00	5,598	145	160
3-Operada	16	145,13	7,108	135	155
3-No operada	16	153,75	3,873	145	160
4-Operada	16	146,56	7,831	130	160
4-No operada	16	154,56	5,452	145	160
Tipo de deporte	16	1,44	,512	1	2

Ilustración 6 Resultados estadísticos ROM. (2)

Para el cálculo de tamaño muestral del ROM de flexión utilizaremos los siguientes datos, en cuanto a la desviación típica ($sd = 1,526$) y estableciendo una precisión mínima (d

= 3) ya que utilizaremos el goniómetro HAWK. Estos datos son introducidos en la calculadora de tamaño muestral Granmo para comparación de medias.

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 5 sujetos en el primer grupo y 5 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior a 3 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 1.526. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 10%. Estimando el 10% de pérdidas, debería de haber 5,5 sujetos en el primer grupo y 5,5 sujetos en el segundo, puesto que es imposible contar con medio sujeto realizaremos un redondeo hacia arriba, necesitaremos 6 sujetos en cada grupo.

Por último, calcularemos el tamaño muestral de ROM en extensión y utilizaremos la desviación típica ($sd = 7,831$) y establecemos un a precisión mínima ($d = 3$) este valor se debe al error mínimo del goniómetro HAWK. Todos estos datos como ya hemos hecho anteriormente en los otros dos casos los introduciremos en la calculadora de tamaño muestral Granmo para comparación de medias.

Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 119 sujetos en el primer grupo y 119 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior a 3 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 7.831. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 10%. Estimando el 10% de pérdidas en nuestro estudio necesitaremos 130,9 sujetos en el primer grupo y 130,9 sujetos en el segundo, de tal modo que redondeando hacia arriba vamos a establecer un número de sujetos necesarios en cada uno de los grupos de 131.

Hemos realizado varios cálculos de las variables que vamos a utilizar para observar en cuál de las variables necesitamos mayor número de individuos. En este caso hemos obtenido los siguientes resultados:

- Para la variable Fuerza concéntrica máxima necesitaríamos 94 sujetos en el primer grupo y 94 sujetos en el segundo grupo.
- Para la variable ROM en flexión necesitaríamos contar con 6 sujetos en el primer grupo y 6 sujetos en el segundo.
- Para la variable ROM en extensión necesitaríamos 131 sujetos para el primer grupo y 131 sujetos para el segundo grupo.

Como podemos observar el número de sujetos más elevado es el último con 131 sujetos en cada grupo. Por lo que, para llevar a cabo nuestro estudio tendremos que analizar a 131 sujetos en el primer grupo y 131 sujetos en el segundo grupo, contando con el 10% posible de pérdidas. Necesitaremos un total de 262 sujetos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para el análisis estadístico partimos de dos grupos, uno en el que realizamos tratamiento con dinamometría, y otro en el que exclusivamente será con ejercicios pliométricos. Realizaremos dos mediciones un pre y otra post intervención. Tras estas mediciones realizaremos pruebas con el objetivo de comparar entre ambas.

En la parte descriptiva describiremos las variables que utilizaremos que son las siguientes:

- ROM: variable dependiente cuantitativa continua.
- Fuerza concéntrica máxima: variable dependiente cuantitativa continua.
- Sexo: variable independiente cualitativa nominal dicotómica, el 0 hará referencia a los sujetos que sean hombres, mientras que el 1 a las que sean mujeres.

Tras realizar la descripción de las variables, teniendo en cuenta los datos obtenidos en el procedimiento, sacaremos la Media, Mediana y Moda, de tal forma que obtendremos diferentes cifras con las que podremos comparar cuál de las intervenciones ha obtenido mejores resultados y posteriormente separaremos en hombres y mujeres y sacaremos una gráfica, para que quede más claro visualmente, teniendo en cuenta la frecuencia relativa.

ESTADÍSTICA INFERENCIAL:

Para nuestro estudio tendremos que comparar la media PRE y la media POST del grupo de intervención, con la media PRE y POST del grupo de trabajo pliométrico. Para realizar la estadística compararemos las medias de los grupos pre-post de ROM y Fuerza concéntrica

máxima, y estudiaremos cómo actúa la variable cualitativa (sexo). Por lo que realizaremos comparación entre variable cualitativa-cuantitativa y cuantitativa-cuantitativa (a la hora de comparar los grupos de intervención y de trabajo pliométrico).

⇒ Primero realizaremos una prueba de Levene y Kolmogorov: prueba de normalidad y homogeneidad con la que observaremos si las medias se distribuyen de forma normal o no. Posibles resultados:

- Si $p < 0,05$ = las medias se distribuyen de forma normal. Por lo que el siguiente paso será realizar la prueba T-Student (para comparar dos medias) prueba ANOVA (para comparar más de dos medias.). Resultados:

- Si $p < 0,05$ = deberemos de aceptar la Hipótesis Nula (H_0), y por consiguiente rechazar la Hipótesis Alternativa (H_a).

- Si $p > 0,05$ = deberemos de aceptar la Hipótesis Alternativa (H_a) y por consiguiente rechazar la Hipótesis Nula (H_0).

- Si $p > 0,05$ = las medias no se distribuyen de forma normal, deberemos de realizar las pruebas de U de Mann-Whitney (suma de rangos de Wilcoxon) o Prueba de Kruskal-Wallis. Resultados:

- Si $p < 0,05$ = deberemos de aceptar la Hipótesis Nula (H_0) y por consiguiente rechazar la Hipótesis Alternativa (H_a).

- Si $p > 0,05$ = deberemos de aceptar la Hipótesis Alternativa (H_a) y por consiguiente rechazar la Hipótesis Nula (H_0).

⇒ Para la representación de cómo interviene la variable sexo dentro de nuestros grupos, compararemos las frecuencias relativas de ambos sexos dentro de cada grupo y

crearemos un diagrama de sectores parecido al siguiente: ejemplo de distribución de la variable sexo dentro del grupo pre intervención.

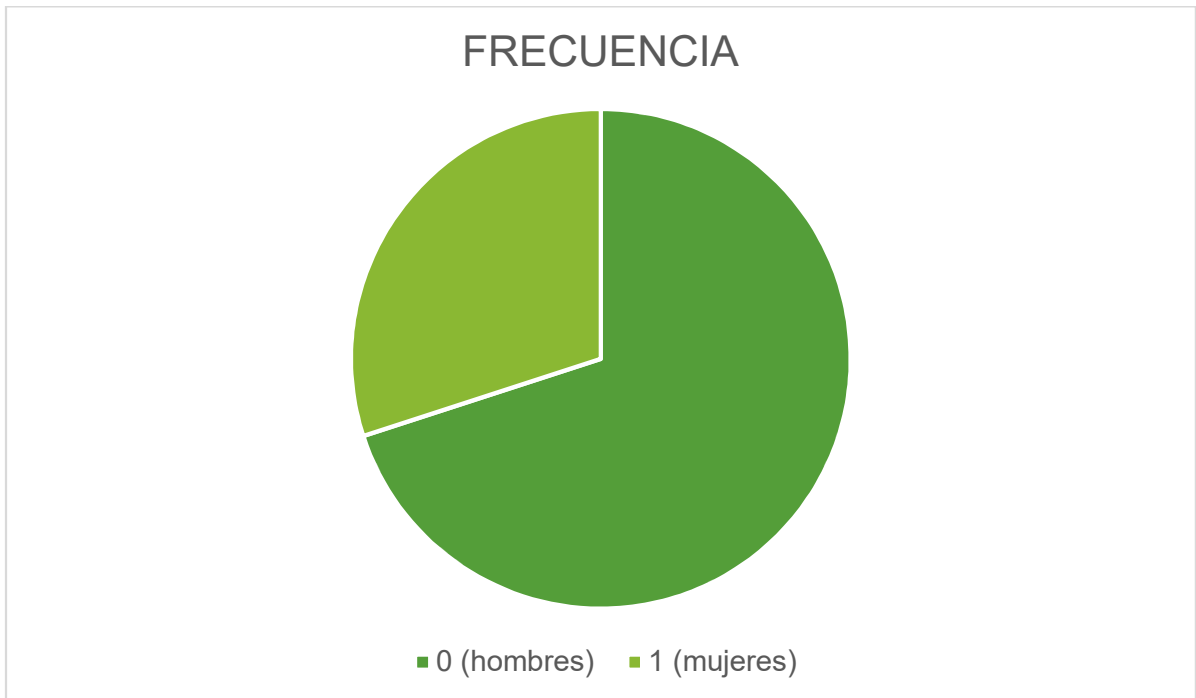


Ilustración 7 Ejemplo de representación de la variable Sexo.

Limitaciones del Estudio.

Hemos encontrado dificultad a la hora de encontrar estudios en los que la dinamometría isocinética fuera intervención, ya que en la mayoría únicamente se utilizaba como instrumento de medición.

El tiempo nos ha afectado a la hora de realizar las búsquedas de artículos y para la selección de variables.

Equipo investigador.

Un fisioterapeuta que será el investigador principal.

Un médico, especialista en lesiones deportivas y con experiencia en deportistas federados que conozca las lesiones de cada deportista que forme parte de nuestro estudio.

Un fisioterapeuta, especializado en lesiones deportivas que sea conocedor de todas las técnicas que vamos a emplear.

Plan de Trabajo.

Diseño de la Intervención.

Para reclutar a los sujetos con mayor facilidad, hablaremos con la federación y con los clubes para comentarles en que consiste nuestro estudio y que faciliten nuestro teléfono o nos avisen cuando tengan sujetos lesionados de LCA.

Inicialmente realizaremos una entrevista personal en la que daremos al paciente un formulario a rellenar sobre historia clínica, alergias, sexo (para separar a los sujetos en los grupos de hombres-mujeres). De este modo confirmaremos si se cumplen los criterios de inclusión-exclusión y los sujetos pueden formar parte de nuestro estudio. Esta entrevista podrá ser realizada por cualquiera de los integrantes del equipo investigador y podrá ser realizado en los clubes directamente. Los sujetos que lo cumplan deberán de firmar el documento de consentimiento informado y hoja informativa.

En nuestro estudio vamos a realizar una comparación principalmente entre dos grupos (dentro de estos habrá otros dos subgrupos), en uno de ellos la intervención será añadir trabajo isocinético excéntrico con dinamometría, mientras que en el otro incorporaremos trabajo pliométrico. En ambos grupos el tratamiento habitual será el mismo (Anexo III). Para ello vamos a especificar cuáles serán los protocolos tanto de nuestras intervenciones, como del tratamiento habitual de fisioterapia.

Tras la lectura de algunos artículos, como establecen en uno de ellos durante las 6 primeras semanas tras la intervención no realizaremos ejercicios que superen el 15% de tensión máxima de las estructuras implicadas, por lo que durante este tiempo no podemos superar los 400Newton de fuerza. Pasadas estas semanas, comenzaremos a trabajar excéntricos sin riesgo, ya que podemos poner sin peligro el ligamento intervenido en tensión.

(33)

Como ya hemos añadido en el diseño del estudio, vamos a realizar dos técnicas en nuestra muestra, por un lado, analizaremos cómo evolucionan los pacientes incorporando un

protocolo de trabajo excéntrico con dinamometría isocinética añadido al tratamiento habitual de fisioterapia y, por otro lado, en el otro grupo los sujetos en vez de ser intervenidos con dinamometría isocinética tendrán que realizar un tratamiento con protocolo de pliometría. (34)

En cuanto al protocolo de dinamometría nos vamos a basar en un estudio publicado en la Revista Internacional de Ciencias del Deporte, realizado por Víctor Moreno Pérez y colaboradores en la Universidad de Elche. (Anexo VI) (16)

En cuanto al trabajo pliométrico, utilizaremos el protocolo realizado en el centro de Rehabilitación Física Jorge Andrade de la ciudad de Guayaquil” de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. (Anexo VII) (12)

En ambos grupos el tratamiento habitual de fisioterapia que se ha empleado es el mismo, nos hemos basado en un protocolo publicado por Víctor Herrera, Iván Moreno y Patricia Moro. (Anexo III) (13)

Siguiendo las pautas de nuestro protocolo de fisioterapia comenzaremos a incorporar trabajo pliométrico e isocinético excéntrico a partir de la semana 12 según vaya tolerando el deportista. Los deportistas realizarán el entrenamiento durante varias semanas hasta su incorporación deportiva que tendrá lugar el sexto mes, según establecen en el artículo realizado por Ivette Andreina Ferren. (16). Al final de este periodo realizaremos otra medición en la que compararemos todas nuestras variables pre-post tratamiento y comprobaremos con los datos obtenidos cuál de las dos técnicas aplicadas como intervención ha dado mejores resultados y como se distribuye la variable sexo.

Tras la etapa de recogida de datos, llega la del análisis de los mismos, serán incorporados en el programa IBM SPSS statistics, donde se analizarán y obtendrán datos resultados estadísticos.

Etapas de Desarrollo.

El primer día, procedemos a realizar una entrevista personal para recopilar la mayor cantidad de datos posibles, con el objetivo de ver quiénes cumplen y quiénes no los criterios de inclusión y exclusión. Durante esta fase deberá de estar presente todo el equipo investigador.

Una vez tenemos ya a los deportistas que vamos a medir, realizaremos una primera medición con el dinamómetro isocinético, para obtener el máximo valor de fuerza que puede desempeñar en isométrico y a continuación una primera medición en excéntrico, observando las descompensaciones que aparecen en la pierna lesionada a nivel de cuádriceps-isquiotibial. Para ello tendremos que medir ambos miembros con el Protocolo de Dinamometría (Anexo VI).

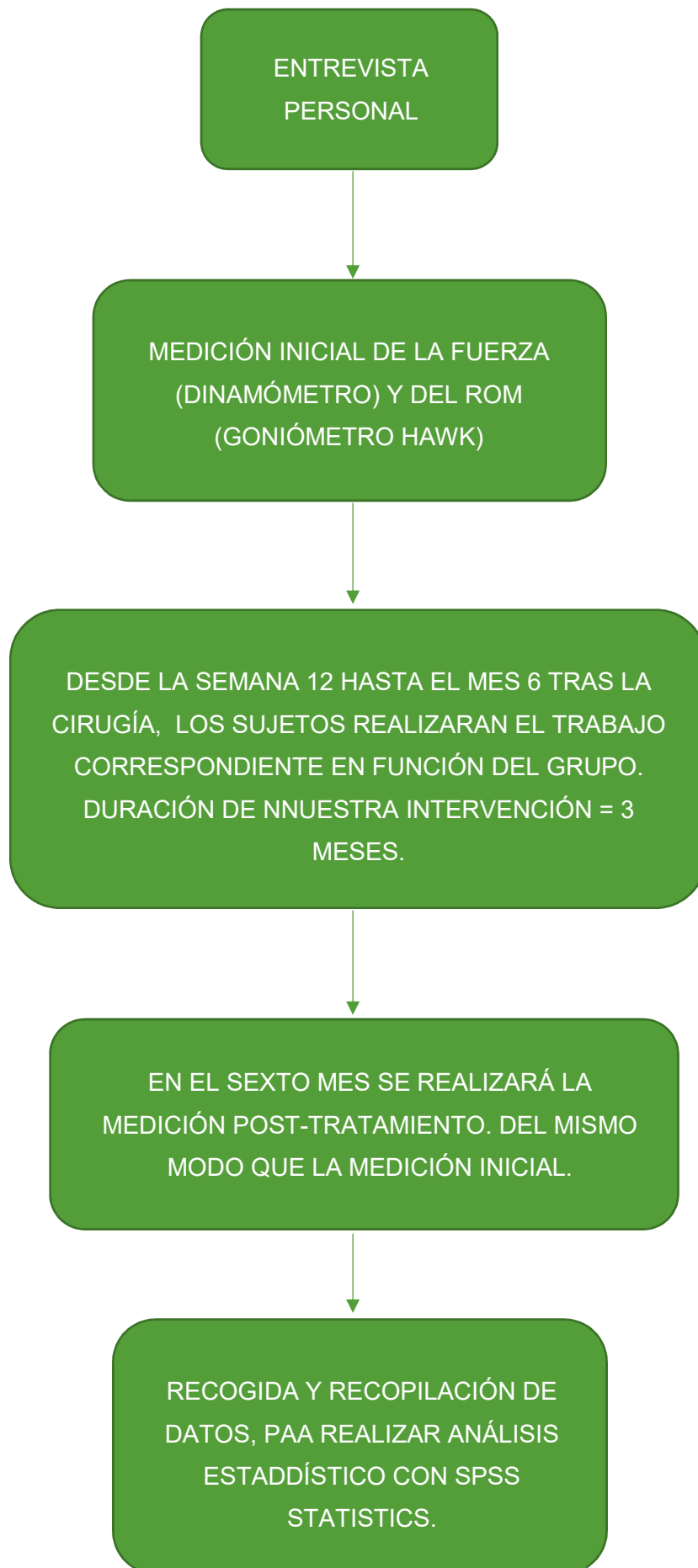
Tras esta medición los participantes serán sometidos a varias semanas de trabajo, cada sujeto como le corresponda en su grupo, se irá observando subjetivamente la evolución hasta el sexto mes en el cuál se realizará una medición final, con la finalidad de observar los resultados y compararlos con los iniciales, viendo las posibles mejoras en cada grupo y así llegar a las conclusiones pertinentes.

En cuanto al ROM se medirá en el mismo momento que lo realicemos con el dinamómetro, con la finalidad de observar mejoras en el Rango Articular de rodilla, como instrumento de medida utilizaremos el goniómetro HAWK ya que es una herramienta más precisa que la goniometría clásica, tiene un error de medición de 3%, como se indica en el informe de calibración del dispositivo. (33)

En cuanto al grupo cuya intervención será añadir dinamometría isocinética en el tratamiento habitual, realizaremos en cada sesión el protocolo de dinamometría (Anexo VI), con varias repeticiones y progresando a medida que vayamos avanzando en el tratamiento la carga (esta carga la iremos aumentando realizando una medición en isométrico todos los días de tratamiento).

Los días de tratamiento semanales serán los mismos que los que debería de entrenar, los sujetos lesionados en vez de entrenar en su club realizarán el tratamiento en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios.

Entre cada paciente habrá un descanso de 15 minutos, durante el cual el equipo investigador recogerá la sala, y colocará el dinamómetro. Por otro lado el dinamómetro lo reiniciaremos y verificaremos todos los días que vaya a ser utilizado (15 minutos antes del primer paciente comenzaremos con la calibración). Realizaremos este tratamiento tras el tratamiento habitual de fisioterapia y nuestra intervención durará 30 minutos aproximadamente.



Distribución de tareas de todo el Equipo Investigador.

En cuanto a la distribución de tareas:

- El Fisioterapeuta principal del estudio se encargará de dirigir las etapas y las fases del tratamiento, se encargará de la toma de datos, colocación del paciente y de tratar al deportista cuando fuera necesario.
- Por otro lado, el médico deportivo irá testando a los sujetos con la finalidad de evitar posibles lesiones a la hora de realizar el tratamiento pautado. Será el encargado de dar el alta médico a los deportistas y deberá de estar presente durante todo el tratamiento, su opinión será tenida en cuenta en todo el proceso.
- El Fisioterapeuta especializado en lesiones deportivas será el encargado de aconsejar al fisioterapeuta responsable del estudio, su experiencia cuenta por lo que conoce más sobre posibilidad de lesión y es de gran importancia en el estudio.

Es muy importante añadir que durante todo el proceso que dura el estudio todo el equipo investigador estará en continua comunicación, todas las ideas de sus integrantes se estudiarán y tendrán en cuenta, se llegará a un consenso en todas ellas.

Lugar de Realización del Proyecto.

El estudio se desarrollará en la Universidad Pontificia Comillas, Escuela de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios”. Ubicada en Ciempozuelos (Madrid), Avenida San Juan de Dios, 1.

Esta universidad dispone de un laboratorio de biomecánica donde tendrá lugar nuestro estudio, en este disponen de un dinamómetro Isocinético Primus RS BTE technology, Maryland, Baltimore, el cuál utilizaremos para realizar todas nuestras pruebas isocinéticas, por otro lado, en este mismo realizaremos las pruebas pliométricas de igual forma.

Listado de Referencias.

- (1) Nuria Góngora Viciana. Lesiones más frecuentes en fútbol. Rotura de Ligamento Cruzado Anterior (LCA). Prevención y tratamiento fisioterápico. [Grado Tesis] Repositorio Universidad de Almería; 2014, Junio.
- (2) Luis Torre Izquierdo. Efectividad de métodos fisioterápicos en la recuperación de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, en deportistas jóvenes. [Grado Tesis] Repositorio Universidad de Valladolid; 2017, Enero 12.
- (3) Sanchis Alfonso V, Gomar Sancho F. Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior: Implicaciones clínico-quirúrgicas. Revista Española de Cirugía Osteoarticular 1992, January 01.
- (4) Lim J, Cho J, Kim T, Yoon B. Isokinetic knee strength and proprioception before and after anterior cruciate ligament reconstruction: A comparison between home-based and supervised rehabilitation. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation 2019, January 01; 32(3):421-429.
- (5) Paredes Hernández V, Martos Varela S, Romero Moraleda B. Propuesta de Readaptación para la rotura de Ligamento Cruzado Anterior en fútbol. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte 2010, Febrero 23; 11.
- (6) Alexander C. Case report: Application of electrical stimulation and eccentric exercises vs standard anterior cruciate ligament protocol post ACL reconstruction. Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering 2018, December; 79(2-B(E)).
- (7) Eustace S, Page RM, Greig M. Novel Isokinetic Dynamometry of the Thigh Musculature During Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation in Professional Soccer: An Explorative Case Study. International Journal of Athletic Therapy & Training 2019; 24(2):44-49.
- (8) El-Ashker S, Chaabene H, Prieske O, Abdelkafy A, Ahmed MA, Muaidi QI, Granacher U. Effects of Neuromuscular Fatigue on Eccentric Strength and Electromechanical Delay of the Knee Flexors: The Role of Training Status. Frontiers in physiology 2019; 10:782.

- (9) Alejandro Orizola M, Álvaro Zamorano C. Reconstrucción de ligamento cruzado anterior de rodilla en mujeres deportistas. *Revista Médica Clínica Las Condes* 2012, May; 23(3):319-325.
- (10) Krishnan C, Washabaugh EP, Dutt-Mazumder A, Brown SR, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Conditioning Brain Responses to Improve Quadriceps Function in an Individual With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* 2019; 11(4):306-315.
- (11) Brasileiro JS, Pinto, Olga M. S. F., ávila MA, Salvini TF. Functional and morphological changes in the quadriceps muscle induced by eccentric training after ACL reconstruction. *Brazilian Journal of Physical Therapy / Revista Brasileira de Fisioterapia* 2011, Julio 07; 15(4):284-290.
- (12) Ivette Andreina Ferrin Cedeño. Importancia de la aplicación de ejercicio pliométrico como tratamiento fisioterapéutico, en jóvenes adultos de 25-30 años, con plastia de ligamento cruzado anterior, atendidos en el centro de Rehabilitación Física "Jorge Andrade" de la Ciudad de Guayaquil. [Grado Tesis] Repositorio Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; 2014.
- (13) Iván Moreno Martín, Víctor Herrera Guirao, Patricia Moro Gómez. Evaluación y tratamiento de Fisioterapia para las roturas completas intervenidas del LCA en mujeres futbolistas profesionales. [Grado Tesis] Repositorio Universidad Sant Cugat del Vallès. Grado en Fisioterapia; 2017.
- (14) Pedro Jiménez Reyes, Carlos Balsalobre Fernández. Entrenamiento de Fuerza. *Nuevas Perspectivas Metodológicas*: Carlos Balsalobre Fernández; 2014, Marzo 05.
- (15) Cozette M, Leprêtre P, Doyle C, Weissland T. Isokinetic Strength Ratios: Conventional Methods, Current Limits and Perspectives. *Front Physiol* 2019; 10.
- (16) Moreno Pérez V, Barbado Murillo D, Juan Recio C. Aplicación de la dinamometría isocinética para establecer perfiles de riesgo de lesión isquiosural en futbolistas profesionales. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte* 2013.
- (17) Chiquito Freile, Camilo José. Valores de referencia de fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla en deportistas de selecciones Colombia. [Master Tesis] Repositorio Universidad el Bosque. Facultad de Medicina. Especialización en Medicina del Deporte y el Ejercicio; 2018, Noviembre 26.

- (18) Silvia Gabriela Chicaiza Saona. Beneficios de los ejercicios pliométricos en el tratamiento de las lesiones de rodilla en jugadores de 20-30 años de la Liga Deportiva Parroquial Cotaló en el periodo comprendido de Junio-Octubre 2011. [Grado Tesis] Repositorio Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Terapia Física. Ambato-Ecuador; 2014, Junio 24.
- (19) Marn-Vukadinovic D, Bizovicar N, Majdic N, Vidmar G. Pain and outcome prediction in muscle strength rehabilitation after knee injury in recreational athletes. *International Journal of Rehabilitation Research* 2019; 42(2):168.
- (20) Graham-Smith P, Rumpf M, Jones P. Assessment of deceleration ability and relationship to approach speed and eccentric strength. *ISBS Proceedings Archive* 2018, Noviembre 26; 36(1):8.
- (21) Vargas VZ, Motta C, Peres B, Vancini RL, Lira, Claudio Andre Barbosa De, Andrade MS. Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study. *The Physician and Sportsmedicine* 2019, July 16; 0(0):1-5.
- (22) Stastny P, Lehnert M, Tufano JJ. Muscle Imbalances: Testing and Training Functional Eccentric Hamstring Strength in Athletic Populations. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)* 2018, Mayo 01 (135):e57508.
- (23) Kvist J, Karlberg C, Gerdle B, Gillquist J. Anterior tibial translation during different isokinetic quadriceps torque in anterior cruciate ligament deficient and nonimpaired individuals. *The Journal Of Orthopaedic And Sports Physical Therapy* 2001; 31(1):4-15.
- (24) Bevilaqua-Grossi D, Shimano AC, Paccola CJ, Salvini TF, Prado CL, Junior WAM, et al. Reliability and Validity of a Modified Isometric Dynamometer in the Assessment of Muscular Performance in Individuals with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Revista Brasileira De Ortopedia* 2015, November 16; 44(3):214-224.
- (25) Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Journal Of Bone And Joint Surgery American Volume* 2007; 89(3):559-570.

- (26) Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, LaStayo PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Physical Therapy* 2009; 89(1):51-59.
- (27) Yosmaoglu HB, Baltaci G, Kaya D, Ozer H. Tracking ability, motor coordination, and functional determinants after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal Of Sport Rehabilitation* 2011; 20(2):207-218.
- (28) Zwolski C, Schmitt LC, Quatman-Yates C, Thomas S, Hewett TE, Paterno MV. The influence of quadriceps strength asymmetry on patient-reported function at time of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal Of Sports Medicine* 2015; 43(9):2242-2249.
- (29) Sajovic M, Vengust V, Komadina R, Tavcar R, Skaza K. A Prospective, Randomized Comparison of Semitendinosus and Gracilis Tendon versus Patellar Tendon Autografts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine* 2006; 34(12):1933-1940.
- (30) Michael Berenguer Dobato. Efectividad del ejercicio pliométrico en arena en la lesión del LCA en futbolistas: Protocolo de estudio. [Grado Tesis] Repositorio Universidad de Lleida; 2017.
- (31) Goniómetro Hawk. Available at: <https://goniometro-hawk.com/>. Accessed Apr 17, 2020.
- (32) Anumula SK, Beku C, Murthy YSN. Measurement of Reliability in Grip Strength. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal* 2014, April 08 (2):115-119.
- (33) Fernando Radice, Claudio Chamorro, Roberto Yañez, Francisco Javier Vergara, Fernando González, Gerardo Zelaya. Retorno deportivo en atletas de alto rendimiento después de reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior de rodilla. Análisis de factores y estrategias. *Revista Artroscopia* 2010; 17(3).
- (34) Andrés Calleja Blanco. Análisis de la incidencia lesional en futbolistas juveniles de élite durante las temporadas 2017/2018 y 2018/2019. [Master Tesis] Repositorio Universidad Camilo José Cela; 2019.

Anexos.

Anexo I: Protocolo tras lesión de LCA.

El siguiente protocolo fue diseñado para un equipo de fútbol, describe las fases de trabajo de un futbolista desde que se lesiona hasta la vuelta a la competición. (5)

RECUPERACIÓN DE LA ROTURA DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR							
MOMENTO DE LA LESIÓN	FASE I	FASE II		FASE III		FASE IV	
	TRATAMIENTO MÉDICO	REHABILITACIÓN + READAPTACIÓN		READAPTACIÓN		VUELTA AL GRUPO	
	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	
LIGAMENTOPLASTIA	FISIOTERAPIA					VUELTA A LA COMPETICIÓN	
		FUERZA Isométricos	FUERZA Isométricos + Concéntricos + Excéntricos				
		PROPIOCEPCIÓN					
		FLEXIBILIDAD Extensores + Flexores					
		MEDIO ACUÁTICO Mov. articular + Desplazamientos					
			CARRERA Técnica de carrera	CARRERA Cambios de ritmo	MOVIMIENTOS TÁCTICOS Y TÉCNICA COLECTIVA		
			GESTO DEPORTIVO Habilidad + Conducción	GESTO DEPORTIVO Golpeos			
			SQUAT				
		EQUILIBRIO PÉLVICO					

Ilustración 8. Protocolo tras Lesión de Ligamento Cruzado Anterior para futbolistas.(5)

Anexo II: Ejemplo de Protocolo de Fisioterapia.

PROTOCOLO DE REHABILITACIÓN	
FASE 1: Semana 0 - 2	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger la fijación del injerto. • Controlar la inflamación. • Eliminar la muleta a los 7 días. • Descarga de peso progresivo. • Movilizaciones activas / pasivas de flexo extensión sin presión ni peso. • Movilización pasiva de la rótula. • Fortalecimiento isométrico.
FASE 2: Semana 2 - 4	<ul style="list-style-type: none"> • Propioceptivos. • Reeducación de la marcha. • Fortalecimiento con ejercicios isométricos/isotónicos. • Bicicleta estática. • Mini sentadillas. • Flexo / Extensión activa y pasiva.
FASE 3: Semana 6 – Mes 3	<ul style="list-style-type: none"> • Deambulación normal. • Movilización completa. • Fortalecimiento muscular (isotónico/isométrico)
FASE 4: Mes 4	<ul style="list-style-type: none"> • Reincorporación a su actividad normal. • Movilidad completa sin dolor. • Ejercicios de flexibilidad y estiramiento. • Fortalecimiento muscular (con pesas).
FASE 5: Mes 6	<ul style="list-style-type: none"> • No hay síntomas. • Fortalecimiento muscular (con pesas). • Masa / Fuerza muscular simétricas. • Reincorporación a la actividad deportiva.

Ilustración 9. Protocolo de Rehabilitación tras plastia de LCA. Por Kevin E Wilk. (12)

Anexo III: Protocolo Habitual de Fisioterapia.

Previamente hemos añadido ejemplos de los protocolos frecuentes en el tratamiento tras cirugía de LCA, los deportistas que forman parte de nuestro estudio realizarán el siguiente, investigado por Víctor Herrera y compañía en su investigación sobre la “Evaluación y tratamiento de Fisioterapia para las roturas intervenidas del LCA en mujeres futbolistas profesionales”. Utilizamos este ya que de los artículos que hemos encontrado éste es el que más se asemeja a las características de nuestros sujetos de estudio. (13)

FASES

FASE PREOPERATORIA

Antes de la cirugía del LCA se debe asegurar en el paciente un patrón de marcha normal y un rango de movimiento mínimo de entre 0° y 90° de flexión de rodilla. Esta tarea se puede llevar a cabo mediante fisioterapia y ejercicios domiciliarios. El rango de movimiento de la flexión y la extensión de rodilla antes de la operación es un predictor importante del rango del movimiento después de la operación, por lo que se debe tener en cuenta.

Algunos ejercicios son el estiramiento hacia la extensión y hacia la flexión de rodilla y el fortalecimiento de cuádriceps mediante ejercicios de cadena cinética cerrada entre 0° y 90° o mediante electroestimulación. Otro aspecto a tener en cuenta para mejorar el rango de movimiento en la articulación de la rodilla es la inflamación y el derrame que se genera en la misma después de la rotura del LCA. La crioterapia (frio, compresión y elevación). Además, en esta fase, se debe informar al paciente y gestionar sus expectativas. El paciente debe ser consciente de los objetivos de la rehabilitación, sus fases, así como conocer los ejercicios y cumplirlos para que su recuperación sea lo más satisfactoria posible.

FASE POST-OPERATORIA TEMPRANA

Esta fase consiste en las 4 primeras semanas después de la cirugía. Los objetivos de esta fase son: minimizar el dolor y la inflamación, establecer un patrón de marcha normal reduciendo el uso de las muletas, lograr 90° de flexión de rodilla y la extensión completa y promover la correcta función y control del cuádriceps.

Es muy importante que la herida de la cirugía esté limpias y secas, realizando un cuidado diario y apropiado. Durante las primeras 24 horas tras la operación se puede usar hielo cada hora durante 15 minutos para controlar la inflamación aguda, después de puede usar hielo 3 veces al día durante 15 minutos para controlar la inflamación después de la actividad o terapia física.

El kinesiotape se ha demostrado efectivo para reducir el dolor de forma leve, mostrando un incremento más rápido en la fuerza y la propiocepción en la rodilla afectada. Los pacientes que reciben el tratamiento con kinesiotape reducen de forma significativa el edema comparado con los pacientes que no lo reciben. Se aplica de la siguiente forma: la base se aplica sobre la espina ilíaca posteroinferior (EIAI) (sin tensión), de aquí salen 2 tiras más que envuelven el cuádriceps con una tensión de entre 15-50% y finalizan a nivel de la tuberosidad tibial anterior (sin tensión). Finalmente se aplicaban 2 tiras en "I" a ambos lados del miembro inferior con la finalidad de estimular los mecanorreceptores y propioceptores con una tensión de 75-100%.

Se ha demostrado que la carga temprana sobre la extremidad afectada disminuye el dolor patelofemoral después de la cirugía. Desde la cirugía, se debe aplicar una férula que bloquee la rodilla a 0° para dar estabilidad a la articulación y poder caminar con ambas muletas con una carga que el paciente tolere. Cuando la paciente está en descarga, como en sedestación o en decúbito, la férula se puede quitar. A las 4 semanas, se puede reducir o quitar la férula si el paciente muestra una extensión completa y una marcha normal. Del mismo modo, se retirarán las muletas progresivamente cuando el paciente tenga una marcha normal y pueda subir y bajar escaleras sin dolor ni estabilidad.

Además, en esta fase se debe restablecer un rango de movimiento y una función del cuádriceps normalizada, para ello, se recomienda combinar ejercicios domiciliarios con 2-3 visitas al fisioterapeuta por semana. En la 4 semana deberíamos progresar hasta los 120° de flexión de rodilla y algunos ejercicios pueden ser la bicicleta estática y la flexión activa de rodilla en decúbito supino deslizando el talón por la camilla.

Para la función del cuádriceps se realizan ejercicios en cadena cinética cerrada (especificados posteriormente) y estimulación eléctrica neuromuscular. Es importante la movilización de la rótula progresiva en esta fase para facilitar la movilidad activa, sobre todo si la operación se realiza con un autoinjerto HTH porque son más propensas a la hipomovilidad rotuliana. Si el autoinjerto es de isquiotibiales, las actividades de fortalecimiento de isquiotibiales se verán limitadas durante el primer mes.

FASE DE FORTALECIMIENTO

Esta fase comprende desde la 4 semana hasta los 6 meses, pero puede durar más si es necesario. La férula ya debe ser retirada y la movilidad de la rótula y de la rodilla correcta.

Las ganancias del fortalecimiento las va a marcar la respuesta del paciente, no debe haber aumento de la inflamación ni del dolor. El dolor articular después de hacer ejercicios debe limitarse a menos de 6-12 horas después de la actividad. Es muy importante la técnica y que no existan patrones compensatorios.

Como guía general, se empezarán a hacer los ejercicios con series de 10 a 15 repeticiones y se progresará a series de 6 a 8 repeticiones con pesos más elevados, aumento las cargas progresivamente para tener mejores resultados. Al mismo tiempo es importante realizar un entrenamiento neuromuscular y cardiovascular en esta fase.

A continuación procedemos a explicar los diferentes ejercicios que podemos realizar en esta fase, en la anterior o en la siguiente, especificando como tensan y cargan el LCA.

EJERCICIOS SEGÚN CADENA CINÉTICA

CADENA CINÉTICA ABIERTA.

EXTENSIÓN DE RODILLA EN SEDESTACIÓN:

La tensión máxima del LCA se sitúa entre el 3,2% y el 4,4% y se produce entre los 10° y los 30° de flexión de rodilla y la fuerza de tracción máxima sobre el LCA es de entre 150N y 300N también entre 10° y 30° de flexión de rodilla. La deformación del LCA varía en función de la resistencia del ejercicio, pasando de ser un 2,8% sin resistencia a 3,8 cuando se añaden sólo 45N (4,6 kg). La fuerza de tracción sobre el LCA en este ejercicio es aproximadamente el doble si se sitúa la resistencia en el tobillo respecto a si se sitúa en la mitad de la pierna (distancia rodilla-tobillo). La carga sobre el LCA disminuye progresivamente desde los 15° de flexión de rodilla hasta los 60°, siendo nula en ángulos de flexión de rodilla mayores a 60°.

FLEXIÓN DE RODILLA EN SEDESTACIÓN:

Los ejercicios de flexión comportan una carga muy baja o nula sobre el LCA ya que la acción de los isquiotibiales quita carga al LCA desplazando la tibia hacia posterior. Estos ejercicios son apropiados para la rehabilitación del LCA en fases tempranas ya que no hay prácticamente carga sobre el LCA, pero hay que tener en cuenta un caso: que la plastia de LCA sea hecha con los isquiotibiales de la misma rodilla del propio paciente. En este caso hay que esperar entre 6 y 8 semanas para realizar estos ejercicios para que cicatrice adecuadamente la plastia. Los ejercicios isométricos de flexión de rodilla empiezan clásicamente a partir de la 6 semana después de la operación, los ejercicios dinámicos con carga de flexión de rodilla a las 8 semanas. Entre la 8 y la 12 semana se pueden empezar a hacer ejercicios de isquiotibiales en este tipo de pacientes en un rango de movimiento libre de dolor entre 0° y 90°, a partir de entonces se puede progresar en rango de movimiento y carga según el paciente va cogiendo fuerza.

CADENA CINÉTICA CERRADA.

Concretamente estos ejercicios, se pueden realizar de forma convencional o utilizando una plataforma vibratoria para su realización. Se conoce la vibración como un tratamiento alternativo y seguro para la estimulación neuromuscular que puede incorporarse a los programas de rehabilitación actuales. La estimulación muscular mediante la vibración produce la estimulación de receptores cutáneos, de mecanorreceptores articulares, del sistema vestibular, cambios en la actividad cerebral y en las concentraciones de neurotransmisores y neuronas.

Después de recibir este tratamiento, los valores de fuerza fueron mayores en la extensión y sobre todo en la flexión de rodilla. También se observa una mejoría en cuanto a la sensación de bloqueo, inestabilidad, dolor, inflamación y en la realización de distintas actividades funcionales (subir escaleras o squats).

– Squats sobre una o dos piernas La forma clásica de realizar un squat supone una tensión mínima o nula sobre el LCA. En parte es debido al aumento de la actividad de los isquiotibiales y la fuerza que generan durante el squat. Incluso a pocos grados de flexión de rodilla (30°), la activación de isquiotibiales sigue siendo alta (entre un 30 y un 60% de una contracción isométrica máxima). Tampoco se aumenta la tensión en el LCA si se aumenta la carga en el squat (hasta 136 N (13,8 kg)) como sucedía en la extensión de rodilla en sedestación.

Por otro lado, cuando al realizar un squat se levantan los talones del suelo y/o se lleva la rodilla por delante de la línea imaginaria que marcan los dedos de los pies, las mesetas tibiales se inclinan hacia delante y aumentan la carga sobre el LCA hasta 3 veces más que si no se sobrepasa la línea imaginaria de los dedos de los pies y se mantienen los talones en el suelo.

La posición del cuerpo también influye sobre la tensión del LCA. Manteniendo una inclinación del tronco hacia delante entre 30° y 40° grados sobre la vertical, hasta los 60° de flexión de rodilla, la actividad de los isquiotibiales es mayor y la carga sobre el LCA menor que si se realiza el squat con una inclinación del tronco más cercana a la vertical.

Además con esta inclinación del tronco hacia delante la tensión sobre el LCA disminuye un 16% y la fuerza de tracción un 24%, debido principalmente a un aumento del 35% de la fuerza de los isquiotibiales. Los squats sobre una sola pierna comportan una carga máxima más alta (59 N) sobre el LCA que los squats sobre ambas piernas (0 N). Por lo tanto, es apropiado iniciar la rehabilitación del LCA con squats sobre 2 piernas y progresar hacia una sola pierna. También se puede progresar con la posición del tronco y con las resistencias.

Aunque en los squats hay menos carga sobre el LCA a mayores ángulos de flexión de rodilla (50°-100) comparado con ángulos pequeños (0°-50°), no parecen ser apropiados para las fases tempranas de rehabilitación del LCA por la inflamación de la rodilla y el dolor. Estos ejercicios también pueden mejorar la propiocepción de las extremidades inferiores.

– Lounge frontal y lateral Al igual que en los squats, en el lounge frontal y lateral, las cargas sobre el LCA son mínimas gracias a que la activación de los isquiotibiales es relativamente alta incluso a menos de 30° de flexión de rodilla. De igual manera la inclinación anterior del tronco reduce la carga sobre el LCA gracias a una mayor activación de isquiotibiales.

– Prensa de piernas: Aunque se ha demostrado que la carga sobre el LCA es baja durante la prensa de piernas, falta evidencia sobre la colocación de los pies y la separación entre ambos. Puede ser un ejercicio eficaz para la rehabilitación del LCA por las bajas cargas que supone entre 0° y 45° de flexión de rodilla y con poca carga, para después progresar en rango de movimiento y cargas.

Debido a que la actividad del cuádriceps es alta en este ejercicio, tiene el potencial de incrementar la carga sobre el LCA entre 0° y 30° de flexión de rodilla, pero parece muy apropiado en ángulos superiores, siendo más indicado que los squats muy profundos ya que son más efectivos los reclutamientos musculares (cuádriceps, isquiotibiales y glúteos), es más fácil controlar el efecto de la gravedad y es más fácil mantener una correcta posición del cuerpo y alineación de la rodilla.

– Actividades funcionales Al caminar sobre un terreno plano se produce una mayor carga que en la mayoría de ejercicios con peso y sin peso. La mayor fuerza de tracción sobre el LCA fue de aproximadamente 300N en el momento que los dedos dejan de contactar con el suelo, cuando la rodilla está flexionada entre 15°-20°. Caminar produce una carga similar a los ejercicios de extensión de rodilla en sedestación y muy mayor que en los ejercicios con peso.

Subir escaleras o levantarse desde la posición de arrodillado supone menos carga para el LCA que caminar. A pesar de esto, se ha demostrado que la carga temprana de peso sobre la extremidad afectada mejora los resultados que si se carga en fases más tardías. Por este motivo se debe incorporar el caminar sobre una superficie plana en cuanto el dolor y el derrame articular lo permitan y haya una extensión de rodillas simétrica.

– Bicicleta estática Con una potencia y una cadencia de 175W y 90rpm la tensión del LCA se sitúa sobre el 1,2%, mientras que con una potencia y una cadencia de 125W y 60rpm producen una tensión del LCA de 2,1%. Siempre valorado en un rango de movimiento de 37° a 50° de flexión de rodilla. Esto nos dice que si el paciente puede asumir estos rangos articulares sin dolor, puede montar en bicicleta estática para aumentar la carga muscular y cardiovascular sin producir más carga sobre el LCA.

Esta fase se inicia a los 3 meses de la operación y finaliza cuando el deportista vuelve a jugar a fútbol. La actividad progresa en función de la respuesta de la paciente. Es normal que tenga molestias articulares leves después de iniciar actividades funcionales, pero debe mejorar dentro de 6 a 12 horas con crioterapia y sin medicación. La presencia de inflamación indica cómo responde la rodilla a la actividad, lo normal es que no haya inflamación o sea leve.

Durante esta fase, se deben combinar las actividades funcionales con los ejercicios de fortalecimiento. Se debe prestar especial atención en realizar cargas suaves sobre la pierna afectada y mantener la cadera en una rotación neutra para reducir las fuerzas rotatorias sobre la rodilla. El entrenamiento neuromuscular debe continuar promoviendo el control neuromuscular y la propiocepción. Al principio de esta fase se deben utilizar actividades de bajo impacto preferencialmente así como trabajar sobre superficies más blandas.

La progresión de la marcha de incluir intervalos de caminar con carrera suave, ejercicios de agilidad a una velocidad del 50%-75% de la velocidad máxima y actividades dinámicas con saltos y giros de 90° a 180°. También se pueden realizar actividades específicas del fútbol a una intensidad del 50%-75% del esfuerzo máximo. Al final de esta fase, debe introducirse el entrenamiento del pivotamiento sobre la pierna afectada, la pliometría avanzada y la participación con el equipo sin contacto.

El final de esta fase implica la vuelta a la actividad deportiva. Dado que cada jugadora es diferente, esta fase debe ser individualizada y no seguir unos plazos estrictos. La futbolista tiene que poder realizar saltos verticales máximos, saltos y cambios de dirección sobre una pierna (la afectada), un rango de movimiento completo y además debe tener más de un 90% de fuerza en la extremidad inferior afectada en comparación con la sana. Si puede realizar estas actividades sin dolor, ni inflamación, ni inestabilidad, y la paciente se siente confiado en correr, saltar, y hacer cambios de dirección a toda velocidad, estará preparada para la vuelta al fútbol con contacto.

Ilustración 10 Protocolo habitual de Fisioterapia tras lesión de LCA, por Víctor Herrera, Iván Moreno y Patricia Moro. (13)

Anexo IV: Hoja Informativa al participante en el estudio.



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

HOJA INFORMATIVA AL PARTICIPANTE EN EL ESTUDIO.

La información presente en este documento cumple con los requisitos que se contemplan en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica y la protección de datos:

- Ley Orgánica 15/1999, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Ley 41/2002 básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.
- Ley 14/2007 de investigación biomédica.

1. DATOS DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE.

1.1 Responsable: Paula Viturro Serrano.

1.1 Cargo: Fisioterapeuta.

1.2 Centro: Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios. Universidad Pontificia Comillas.

2. DATOS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.1 Título del Proyecto: Potenciación con dinamometría excéntrica Vs. Tratamiento habitual de Pliometría excéntrica en lesión de LCA en deportistas.

2.2 Lugar de realización: Laboratorio de Biomecánica de la Universidad Pontificia Comillas, San Juan de Dios, Ciempozuelos.

2.3 Finalidad de la investigación: Comprobar posibles cambios biomecánicos al añadir trabajo excéntrico con dinamometría en nuestro tratamiento habitual de fisioterapia tras lesión de LCA en deportistas.

3 RIESGOS E INCONVENIENTES PARA EL PARTICIPANTE:

3.1 Riesgos: posible aparición de tendinitis, no existe un aumento exagerado de masa muscular, entrenamientos de series cortas y descansos prolongados, riesgo de lesión si no existe entrenamiento previo, se debe estar en óptimas condiciones musculares. (12). Otro posible riesgo es la recaída.

3.2 Duración del estudio: desde la semana 12 tras la cirugía hasta el sexto mes.

4 DERECHOS DEL PARTICIPANTE EN RELACIÓN CON LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA.

4.1 Derecho a la revocación del consentimiento y sus efectos, incluida la posibilidad de la destrucción o de la anonimización de la muestra y de que tales efectos no se extenderán a los datos resultantes de las investigaciones que ya se hayan llevado a cabo

4.2 Posibilidad de contactar con los investigadores en caso de aparición de efecto adverso imprevisto.

4.3 Derecho a revocar el consentimiento en cualquier momento, sin perjuicio de su tratamiento médico.

4.4 Derecho a decidir el destino de sus muestras y datos personales en caso de decidir retirarse del estudio.

4.5 Derecho a que se vuelva a pedir su consentimiento si se desea utilizar la muestra en estudios posteriores.

5 INFORMACIÓN SOBRE LA MUESTRA DONADA.

5.1 Procedimiento de extracción de la muestra. La extracción de los datos será realizada 2 veces a lo largo de la duración completa del estudio, mediante dinamómetro isocinético se valorará la evolución de la Fuerza Excéntrica y con el uso de goniómetro extraeremos los datos de progresión en el ROM de rodilla.

5.2 Destino de la muestra al término de la investigación: Los datos obtenidos en el estudio serán utilizados única y exclusivamente con finalidad de investigación, no serán publicados nombres ni datos personales.

5.3 U otras investigaciones, y que en su caso comportará a su vez el cumplimiento de los requerimientos previstos en la ley 14/2007. En caso de que estos extremos no se conozcan en el momento, se establecerá el compromiso de informar sobre ello en

cuanto se conozca o almacenamiento en banco para posible uso posterior (en el caso de que estos extremos no se conozcan en el momento, se establecerá el compromiso de informar sobre ello en cuanto se conozca)

Anexo V: Documento de Consentimiento Informado.



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Datos del estudio para el que se otorga el consentimiento:

- Investigador principal: Paula Viturro Serrano
- Título del proyecto:
- Centro: Universidad Pontificia Comillas.

Datos del participante/paciente:

- Nombre:

Persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento:

- Nombre:

1. Declaro que he leído y la Hoja de Información al Participante sobre el estudio citado.
2. Se me ha entregado una copia de la Hoja de Información al Participante y una copia de este Consentimiento Informado, fechado y firmado. Se me han explicado las características y el objetivo del estudio, así como los posibles beneficios y riesgos del mismo.
3. He contado con el tiempo y la oportunidad para realizar preguntas y plantear las dudas que poseía. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción.
4. Se me ha asegurado que se mantendrá la confidencialidad de mis datos.
5. El consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón y sin que tenga ningún efecto sobre mi tratamiento médico futuro.

DOY NO DOY

Mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto.

Fecha:

Firma del participante/paciente

Firma del asentimiento del menor.



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

“Hago constar que he explicado las características y el objetivo del estudio y sus riesgos y beneficios potenciales a la persona cuyo nombre aparece escrito más arriba. Esta persona otorga su consentimiento por medio de su firma fechada en este documento”.

Fecha:

Firma del Investigador o la persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento:

Cuando el sujeto participante sea un menor de edad:

“Hago constar que he explicado las características y el objetivo del estudio, sus riesgos y beneficios potenciales a la persona responsable legal del menor, que el menor ha sido informado de acuerdo a sus capacidades y que no hay oposición por su parte”. El responsable legal otorga su consentimiento por medio de su firma fechada en este documento. (El menor firmará su asentimiento cuando por su edad y madurez sea posible).

Fecha:

Firma del Investigador o la persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento:

Anexo VI. Protocolo de dinamometría.

La prueba se realizó con un dinamómetro isocinético y consistió en una evaluación de ambas piernas de la musculatura flexora y extensora de rodilla. Para comenzar se realizaron varias pruebas concéntricas para valorar la fuerza que era capaz de realizar el deportista. (16)

Durante la prueba es importante usar frecuentemente instrucciones e incentivos verbales hacia el deportista prever la estabilización del mismo. Primero se realizará la prueba en la pierna no afectada o no dominante. (17)

Una vez configuramos la fuerza que es capaz de realizar el sujeto realizaremos varias repeticiones de contracciones excéntricas a una velocidad de 30 °/segundo, el equipo fue animando durante la duración de la prueba a los jugadores para que estos realizaran la fuerza máxima posible. Tenemos que añadir que los deportistas realizaron varias repeticiones antes de la prueba que tuvimos finalmente en consideración con el objetivo de que se familiarizaran con el aparato. Previo a la prueba los jugadores fueron sometidos a un calentamiento estandarizado de 10 min de los cuales 5 min fueron de pedaleo en el nivel tres (75-80 W) de una bicicleta estática y los otros minutos restantes los deportistas realizaron ejercicios estáticos de flexibilidad de la musculatura implicada. (16)

En cuanto a la toma de datos, se sentó al deportista sentado en el dinamómetro de la siguiente forma:

- 105° de flexión coxofemoral.
- Se alineó el eje longitudinal de la pierna, con la palanca del dinamómetro.
- El punto de aplicación de la fuerza (zona almohadillada de empuje y tracción) se colocó en el tercio distal de la pierna, justo por encima de la pierna, con la palanca del dinamómetro.
- Para estandarizar el test y evitar que los jugadores pudieran utilizar una técnica de ejecución diferente, se inmovilizaron a los sujetos con una correa en el tórax, la pelvis y el muslo, limitando así posibles compensaciones con otras estructuras.

- Se fijó en 90 ° el rango de movimiento de la rodilla, tomando como valor de inicio la máxima extensión de la articulación. (16)

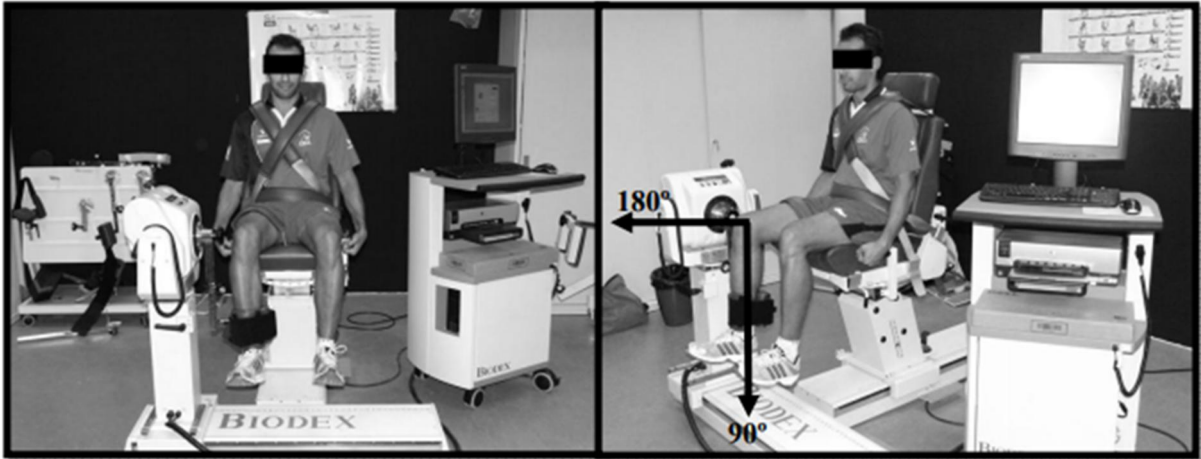


Ilustración 11 Colocación del deportista durante la prueba de dinamometría. (16)

Es importante añadir que previo al uso debemos de realizar una calibración adecuada del equipo y será importante la continua corrección de la gravedad.

La prueba consistirá en realizar: (17)

- 5 repeticiones a 60°/ segundo.
- 5 repeticiones a 180°/ segundo.
- 30 repeticiones a 300°/segundo.

Para la elaboración de nuestro protocolo hemos combinado algunos aspectos de dos protocolos, Uno fue utilizado con la selección Colombiana (17) y el otro fue realizado por Francisco J. Vera y colaboradores, con los servicios médicos del Elche C.F. (16)

Anexo VII. Protocolo de trabajo Pliométrico.

Para realizar el estudio de investigación hemos utilizado un Protocolo de Trabajo Pliométrico encontrado en una de las búsquedas. Este artículo estudia la “Importancia de la aplicación del ejercicio pliométrico como tratamiento fisioterapéutico, en jóvenes de 25-30 años, con plastia de ligamento cruzado anterior, atendidos en el centro de Rehabilitación Física Jorge Andrade de la ciudad de Guayaquil” fue realizado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Utilizamos este protocolo ya que se ajusta a lo que queremos investigar. (12)

El Protocolo es el siguiente: (añadido en diseño de la intervención)

PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO CON PLIOMETRÍA

FASE	SITUACIÓN DEL PACIENTE	EJERCICIOS	OBSERVACIONES
FASE I. Dificultad Baja.	<p>Denominada fase baja debido a que es la primera en realizarse en el 4to mes de rehabilitación física, esta fase es la de menos impacto ya que el injerto aún está en proceso de maduración y el paciente con gran temor. Lo que buscamos en esta fase es reeducar el movimiento del salto, la agilidad y la confianza de paciente en sí mismo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salto corto con dos piernas. 2. Salto largo con dos piernas (adelante/atrás) 3. Salto corto con una pierna. 4. Salto largo con una pierna. 5. Salto en zigzag con dos piernas. 6. Salto en zigzag con una pierna. 7. Saltos laterales. 	<p>Al iniciar esta primera fase, el paciente se nota temeroso, y aún débil. Deben ser series cortas con descansos de hasta 5 minutos. Se realizan los ejercicios pasando un día (tres veces por semana)</p>
FASE II. Dificultad Media.	<p>En esta fase se intenta incrementar fuerza y altura en los saltos, utilizando banquillos, soga o conos. Es la fase inicial para una etapa más avanzada en fortalecimiento muscular, sin olvidar que el paciente aun este iniciando una fase de fortalecimiento avanzado y que se debe trabajar con precaución.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salto desde el banquillo (30cm) 2. Estocada prisionero con manos detrás de la nuca. 3. Sentadilla con apoyo en la pared. 4. Saltos con la soga. 5. Saltos con balón terapéutico x encima de la articulación. 6. Trabajo de agilidad de miembros inferiores. 7. Coordinación en línea recta. 	<p>El paciente se presenta aun temeroso de realizar saltos largos. El paciente aun siente molestia en su rodilla afectada al terminar los ejercicios. Se debe colocar compresas químicas calientes antes de iniciar. Se realizan estiramientos musculares al término del ejercicio.</p>

<p>FASE III. Dificultad Alta.</p>	<p>En esta fase el paciente posee mayor confianza, fuerza y agilidad son notables. Lo que nos permite aumentar la intensidad de los saltos, los movimientos y el peso externo. Aquí ya se trabaja con pesas y trotes en terreno regular</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trote en caminadora. 2. Saltos desde banquillo. 3. Saltos alternos con banquillos. 4. Trabajo agilidad. 5. Coordinación con conos. 6. Sentadillas con peso. 7. Propioceptivos con conos redondos. 	<p>Paciente no presenta molestia al realizar saltos. Aún existe falta de coordinación al realizar el trote rápido. Se realiza estiramiento muscular al término del ejercicio. Los periodos de descanso son de 5 minutos por cada ejercicio. El paciente demuestra más confianza. Existe diferencia en masa muscular.</p>
<p>FASE IV. Dificultad Extrema.</p>	<p>La fase extrema es nuestra última fase, denominada extrema debido al cambio extremo que posee el paciente no solo en agilidad y fuerza, también emocionalmente, ya que en esta fase se le permite al paciente realizar absolutamente todos los ejercicios sin restricción alguna. Desde saltar hasta correr sin ninguna molestia.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trote en caminadora. 2. Saltos con banquillos (ascendente) 3. correr con picada. 4. Sentadillas con pesas. 5. Trabajo de agilidad con conos. 6. Subir/bajar escaleras corriendo. 7. Subir escalera saltando. 8. Circuitos. 	<p>No existe presencia de dolor en la rodilla afectada. Presencia de mayor coordinación. Se realiza los saltos fuertes sin ninguna dificultad. Antes y después de cada sesión se coloca en los pacientes una compresa química caliente en la zona afectada (rodilla), y se realiza los ejercicios correspondientes de estiramiento muscular. Se realizaron dos encuestas a los pacientes sometidos a este entrenamiento evaluando el cambio en el miembro afectado, siendo esta al inicio y al final de la cuarta fase.</p>

Ilustración 12 Protocolo trabajo Pliométrico. (12)