

Universidad CEU Cardenal Herrera

Departamento de Fisioterapia



Valoración de la efectividad de un protocolo de rehabilitación intensivo y multidisciplinar en deportistas de élite intervenidos del LCA mediante la evaluación isocinética de la ratio funcional H/Q.

TESIS DOCTORAL

Presentada por:
Pablo Granell Blanch

Dirigida por:
Dr. Pedro Pablo Rosado Calatayud
Dr. Juan José Amer Cuenca
Dr. Vicent Benavent Caballer

VALENCIA
2017

TESIS DOCTORAL
PABLO GRANELL BLANCH

2017

TESIS UNIVERSIDAD CEU CARDENAL HERRERA

2017

TESIS DOCTORAL

TÍTULO

Valoración de la efectividad de un protocolo de rehabilitación intensivo y multidisciplinar en deportistas de élite intervenidos del LCA mediante la evaluación isocinética de la ratio funcional H/Q.

AUTOR

Pablo Granell Blanch

DIRECTORES

Dr. D. Pedro Pablo Rosado Calatayud

Dr. D. Juan José Amer Cuenca

Dr. D. Vicent Benavent Caballer

Departamento de Fisioterapia

Universidad CEU Cardenal Herrera. Valencia, 2017

Memoria presentada por Pablo Granell Blanch para aspirar al grado de Doctor por la Universidad CEU Cardenal Herrera, bajo la dirección de:

- Dr. Pedro Pablo Rosado Calatayud.
- Dr. Juan José Amer Cuenca.
- Dr. Vicent Benavent Caballer.

Esta monografía se presenta siguiendo la normativa reguladora de tesis doctorales establecida por la reguladora de tesis doctorales establecida por la Universidad *CEU Cardenal Herrera* (Valencia, 2017).

Dr. D. Pedro Pablo Rosado Calatayud, Profesor Colaborador Doctor del Departamento de Fisioterapia de la Universidad CEU Cardenal Herrera.

Dr. D. Juan José Amer Cuenca, Profesor Agregado Doctor del Departamento de Fisioterapia de la Universidad CEU Cardenal Herrera.

Dr. D. Vicent Benavent Caballer, Profesor Colaborador Doctor del Departamento de Fisioterapia de la Universidad CEU Cardenal Herrera.

CERTIFICAN

1. Que D. Pablo Granell Blanch, Grado en Fisioterapia por la Universidad CEU Cardenal Herrera, ha realizado bajo su dirección el trabajo de Tesis Doctoral que lleva por título: Valoración de la efectividad de un protocolo de rehabilitación intensivo y multidisciplinar en deportistas de élite intervenidos del LCA mediante la evaluación isocinética de la ratio funcional H/Q.
2. Que revisado el trabajo, expresan su conformidad para que este sea sometido a defensa frente al tribunal correspondiente, ya que consideran que la presentación del mismo reúne los requisitos necesarios para optar al grado de Doctor.
3. Que habiéndose realizado la Memoria de la Tesis, declaran que el doctorando ha sido responsable del trabajo experimental, participando interactivamente en su diseño, en el análisis de los resultados, extracción de las conclusiones y en su redacción.
4. Que la temática expuesta, se enmarca dentro de una línea de investigación definida.

Dr. D Pedro P. Rosado Calatayud. Dr. D. Juan José Amer Cuenca Dr. D. Vicent Benavent Caballer

Departamento de Fisioterapia. Universidad CEU Cardenal Herrera. Valencia, 2017

AGRADECIMIENTOS

Seis años he necesitado para recorrer el camino que lleva de la idea de elaborar una tesis hasta su presentación. Seis años en los que me han acompañado muchas personas que han hecho posible alcanzar el final del trayecto.

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento a mis tutores: el Dr. D. Pedro Rosado Calatayud, el Dr. D. Juan José Amer Cuenca y el Dr. D. Vicent Benavent Caballer, por acceder a dirigir esta tesis y darme la oportunidad de emprender este nuevo proyecto de aprendizaje. Gracias por escucharme, por vuestra paciencia, por vuestro ánimo, por confiar en todo momento en mis posibilidades, y por creer en esta tesis. Ha sido un placer y todo un honor contar con vosotros. Con vuestros conocimientos, experiencia y directrices habéis conseguido que en un fisioterapeuta del deporte eminentemente clínico despierte un espíritu investigador que espero y deseo no acabe aquí.

Hay también personas que, sin saberlo, han sido claves en todo este proceso. Es el caso de Gerardo Anlló a quien nunca le he escuchado un 'no' por respuesta, quien siempre ha descolgado el teléfono cuando he acudido a requerir su ayuda, quien me abrió las puertas de su clínica, me ofreció su amistad y supo resolver mis múltiples dudas isocinéticas.

No sólo eso, sin su interés, contribución y consejos nunca hubiera conocido al Dr. José Manuel González de Suso, pieza fundamental y clave en esta tesis. En este punto del camino, es necesario agradecer también la aportación de Imanol Agirretxe por ponerme en contacto con el Dr. González de Suso y por supuesto a ti José Manuel por hacerme participe de tus conocimientos, por dedicar tanto tiempo a mi formación y por hacerme sentir como en casa durante mis viajes a San Sebastián. Sabéis que la Real Sociedad cuenta con un simpatizante más.

A la humildad del Dr. González de Suso debo también haber engarzado el siguiente eslabón de esta cadena: Oscar Sanjuán, a quien me gustaría dar las gracias de una manera muy especial porque sin él y su infinita paciencia con mis interminables dudas, esta tesis no hubiera sido posible; por abrirme las puertas del CERS (Centre Européen de Rééducation du Sportif de Capbreton) y de su casa; pero sobre todo por su amistad. Este trabajo es también tuyo y nunca podré agradecerte suficientemente tu aportación.

Este trabajo no hubiera sido posible sin la contribución de los servicios médicos del Villarreal CF SAD, encabezados por el Dr. Adolfo Muñoz, que incorporó las valoraciones isocinéticas en las pruebas médicas, y que confió en mí para su realización.

No me puedo olvidar de Francisco García, de la Unidad de Ensayos Clínicos de la Fundación del Hospital Provincial de Castellón, por recibirme siempre con una sonrisa cada vez que he abierto la puerta de su despacho y por su amable e inestimable ayuda con el análisis estadístico de esta tesis.

Gracias también a Inma Ambou antigua alumna y hoy excelente fisioterapeuta por sus enseñanzas con el Word. Agradecimiento que hago extensivo al Servicio de Informática del Hospital Provincial de Castellón por soportar mis prisas y mis agobios, por resolver las dudas informáticas y solucionar en tiempo récord los problemas con el ordenador: Paco, Raúl, José Ramón, Pepe, gracias infinitas por haber colaborado tan activamente en la realización de esta tesis.

Mi más sincero agradecimiento al pintor castellonense Amat Bellés por aportar su arte para ilustrar esta tesis científica. Su colaboración es todo un lujo.

Durante este camino de seis años, han sucedido ininidad de cuestiones y han cambiado muchas cosas. Ha cambiado mi vida con el nacimiento de mis dos hijas Belén y Paula, que se han convertido en el motivo, en el estímulo por el que cada día merece la pena tratar de mejorar como persona y como profesional. Y el reto, además de apasionante es increíblemente satisfactorio.

Nunca imaginé, ni en mis mejores sueños, redactar una tesis doctoral, ni tener que dedicar estas líneas de agradecimiento a un grupo de personas tan numeroso y heterogéneo. Me siento afortunado de haber encontrado en todos vosotros complicidad, colaboración, comprensión, paciencia y prácticamente el mismo entusiasmo que he puesto yo en este proyecto.

Mención aparte merece el calor de mi familia, la sanguínea, que lleva la fisioterapia precisamente en la sangre, y la política, en la que siempre he encontrado comprensión, respaldo y consuelo. Gracias por disculpar y entender mis ausencias, por dibujarme una sonrisa en los momentos en que la salud me ha jugado malas pasadas y por vuestro optimismo cuando se ha complicado la rehabilitación. Habéis sido un enorme impulso.

Pero hay una cosa que no ha variado en estos seis años: mi mujer Belén me ha acompañado durante todo este camino convirtiéndose en mi soporte, en mi ayudante, en mi principal crítica y en mi aliento cuando he decaído. Gracias Belén por compartir este proyecto, pero sobre todo por recorrer el camino, sea cual sea, juntos.

Belén, Paula, preparad los utensilios porque después de tanto tiempo, este verano papá os acompañará a coger cangrejos.

A mi padre.

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS	Pág. 21
<hr/>	
INTRODUCCIÓN.	Pág. 25
<hr/>	
Anatomía de la rodilla.	Pág. 25
Membrana sinovial.	Pág. 26
Superficies articulares.	Pág. 27
Medios de unión.	Pág. 33
Principal musculatura asociada a la flexoextensión de la rodilla.	Pág. 33
Cápsula articular y ligamentos asociados a la rodilla.	Pág. 34
Ligamento cruzado anterior.(LCA)	Pág. 37
Función.	Pág. 37
Perspectiva histórica.	Pág. 37
Anatomía.	Pág. 37
Mecanorreceptores.	Pág. 39
Epidemiología de la lesión del LCA.	Pág. 40
Mecanismo de lesión.	Pág. 41
Mecanismos de contacto.	Pág. 41
Mecanismos sin contacto.	Pág. 42
Mecanismo de lesión de la rotura del LCA.	Pág. 42
Factores de riesgo.	Pág. 42
Diagnóstico de la lesión del LCA.	Pág. 46
Valoración manual del LCA.	Pág. 47
Valoración por imagen del LCA.	Pág. 47
Reconstrucción tras la rotura del LCA.	Pág. 48
Protocolos de rehabilitación.	Pág. 49

Dinamometría isocinética.	Pág. 51
Ratio H/Q.	Pág. 52
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.	Pág. 57
<hr/>	
MATERIAL Y MÉTODOS.	Pág. 61
<hr/>	
Diseño del estudio.	Pág. 61
Población de estudio.	Pág. 62
Criterios de inclusión.	Pág. 63
Criterios de exclusión.	Pág. 63
Evaluación isocinética mediante el sistema Biodex 4.	Pág. 65
Protocolo de valoración.	Pág. 71
Seguridad.	Pág. 78
Puntuación.	Pág. 80
Parámetros de evaluación isocinética.	Pág. 80
Pico del Par.	Pág. 80
Pico par/Peso.	Pág. 80
Tiempo del pico par.	Pág. 80
Ángulo del pico par	Pág. 80
Par a 60°	Pág. 81
Par a 0,18 segundos.	Pág. 81
Coeficiente de variación.	Pág. 81
Trabajo total repetición máxima.	Pág. 81
Número de repetición con trabajo máximo.	Pág. 81
Trabajo/Peso corporal.	Pág. 81
Trabajo total.	Pág. 82
Trabajo primer tercio/trabajo último tercio.	Pág. 82
Fatiga al trabajo.	Pág. 82

Potencia media.	Pág. 82
Tiempo de aceleración.	Pág. 82
Tiempo de deceleración.	Pág. 82
Rango de movimiento.	Pág. 83
Pico par promedio máximo.	Pág. 83
Razón agonista/antagonista.	Pág. 83
Informes gráficos de evaluación.	Pág. 83
Informe de evaluación gráfica.	Pág. 83
Informe de evaluación general.	Pág. 86
Informe de evaluación detallada.	Pág. 88
Protocolo de Rehabilitación.	Pág. 90
Intervención.	Pág. 91
Estructura del programa.	Pág. 92
Fase 1. Post-operatoria inmediata. 1ª semana.	Pág. 95
Fase 2. Rehabilitación precoz. 2ª semana.	Pág. 97
Fase 3. Control de la deambulaci3n. De la 3ª a la 4ª semana.	Pág. 105
Fase 4. Control neuromuscular. De la 5ª a la 10ª semana.	Pág. 113
Fase 5. Normalizaci3n. De la 11ª a la 16ª semana.	Pág. 119
Fase 6 Retorno a la actividad deportiva. Del 4º al 8º mes.	Pág. 129
Fase 7. Intensificaci3n del trabajo. M3s de 8 meses.	Pág. 133
An3lisis estadístico.	Pág. 135
RESULTADOS.	Pág. 139
<hr/>	
Sujetos de estudio.	Pág. 139
An3lisis descriptivo.	Pág. 139
An3lisis de las variables de inter3s obtenidos de la valoraci3n isocin3tica.	Pág. 147
An3lisis de inferencia.	Pág. 153

Análisis estadístico de la diferencia de fuerzas implicadas en la ratio H/Q. Pág. 162

DISCUSIÓN. Pág. 171

CONCLUSIONES. Pág. 197

BIBLIOGRAFÍA. Pág. 201

ANEXOS. Pág. 231

LISTA DE ABREVIATURAS

ABD	Abducción
ADD	Adducción
AM	Antero-Medial.
FT	Fisioterapeuta.
HTH	Injerto Hueso-Tendón-Hueso.
J	Julios.
LCA	Ligamento cruzado anterior
LCE	Ligamento colateral externo.
LCM	Ligamento colateral medial.
mA	Miliamperios
MmHg	Milímetros de mercurio
ms	Milisegundos.
N/m	Newtons por metro.
PF	Preparador físico
PL	Postero-Lateral.
Rhb	Rehabilitación.
RMN	Resonancia Magnética Nuclear
ST	Injerto Semitendinoso y Recto interno.
TFL	Injerto del tensor de la fascia Lata.
TLS-DT4	Injerto del Isquiotibial en 4 haces.
W	Watios.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Anatomía de la rodilla.

La rodilla es la articulación más grande del cuerpo humano, siendo su mecánica articular compleja. A fin de sustentar el peso corporal durante la bipedestación, la rodilla precisa de una buena estabilidad cuando se encuentra en extensión completa (Redfern et al., 2001). Además, debe ofrecer la movilidad necesaria para efectuar tareas básicas y complejas de la vida diaria como la deambulación, la carrera o el salto. La rodilla llega incluso a ser un elemento esencial para adaptarse a las irregularidades del terreno, proporcionando la orientación necesaria al pie para mantener el equilibrio mientras se realizan estas tareas (Nordin y Frankel, 2002).

Desde una perspectiva anatómica, la articulación de la rodilla es una articulación bicondílea, que sirve de unión al muslo y la pierna. Estructuralmente está formada por tres huesos, el fémur la tibia y la rótula, que forman dos articulaciones con una capsula común: la articulación femoro-tibial y la articulación femoro-rotuliana. Desde un punto de vista mecánico, se puede considerar como una articulación troclear, considerando una única articulación con un solo grado de movimiento: La flexo-extensión. De manera accesoria, la articulación de la rodilla posee un segundo grado de libertad de movimiento: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que solo aparece cuando la rodilla está flexionada (Palomar y Linares, 2003).

Anatómicamente la articulación de la rodilla posee unas características especiales. En primer lugar, el ángulo que forma el fémur con los dos cóndilos femorales. Ángulo que provoca un valgo en la articulación lo que proporciona una aproximación de la pierna al centro de gravedad durante la marcha (Kern y Straus, 1949; Heiple, 1971). En segundo lugar, posee una forma más elíptica que circular, debido a que las dimensiones de los cóndilos femorales en el plano sagital son mayores (Preuschoft, 1970). En tercer lugar, a fin de evitar una posible luxación externa de la rótula, la

inserción del músculo vasto interno del cuádriceps se localiza en una posición más medial y proximal respecto a músculo vasto externo de este mismo músculo (Wanner, 1977). En cuarto lugar, con el objetivo de disminuir las fuerzas de compresión y cizallamiento que sufren los platillos tibiales, estos disponen de una forma plana (Trinkaus, 1975). Finalmente, al comparar el tamaño de las espinas tibiales respecto a la escotadura intercondílea, el tamaño de las primeras es inferior y más estrecho (Tardieu y Trinkaus, 1994).

Desde un punto de vista estructural podemos destacar: 1) la Membrana sinovial, 2) las superficies articulares, 3) los medios de unión: principal musculatura asociada a la flexo-extensión de la rodilla, 4) los medios de unión: capsula articular y ligamentos asociados a la rodilla.

Membrana sinovial

Esta estructura anatómica se inserta en los bordes de las superficies articulares y en los bordes superior e inferior de los meniscos. A nivel posterior, se inserta en la membrana fibrosa de la capsula articular a ambos lados del Ligamento Cruzado Posterior (LCP) rodeando los ligamento cruzados y permitiendo que queden excluidos de la cavidad articular. A nivel anterior, está separada del ligamento rotuliano por una almohadilla grasa infrarrotuliana. A cada lado de la almohadilla, la membrana sinovial forma dos bordes, uno ribeteado llamado pliegue alar que se proyecta hacia la cavidad articular y otro que se eleva desde la línea media hacia la fosa intercondilea del femur llamado pliegue rotuliano. Además, la membrana sinovial que cubre la parte inferior de la almohadilla grasa infrarrotuliana se eleva en un pliegue agudo de la línea media dirigido en sentido posterior denominado pliegue sinovial infrarrotuliano, que se inserta en el borde de la fosa intercondílea del fémur. La membrana sinovial forma bolsas en dos localizaciones, el receso subpopliteo y la bolsa suprarrotuliana, para proporcionar superficies de baja fricción para el movimiento de los tendones asociados a la articulación. Otras bolsas asociadas pero que no se comunican con la cavidad articular

son la bolsa prerrotuliana subcutánea y las bolsas infrarrotulianas superficial y profunda, situadas por delante y detrás del ligamento rotuliano (Drake et al., 1998).

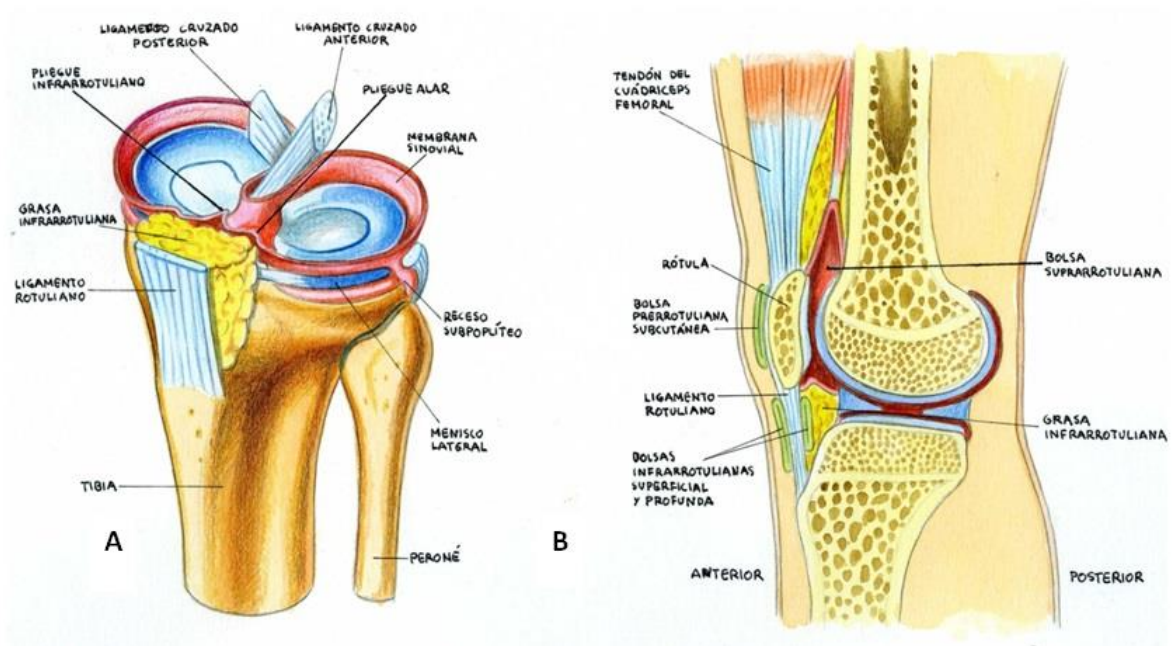


Figura 1. Membrana sinovial de la rodilla y bolsas sinoviales asociadas. **A** Visión superolateral; no se muestran ni el fémur ni la rótula. **B** Sección sagital paramediana a través de la rodilla.

Superficies articulares.

La primera de estas estructuras son los cóndilos femorales. Situados en la epífisis distal del fémur forman la parte proximal de la rodilla con respecto al tronco, distinguiéndose el cóndilo medial y el lateral, siendo el medial menos largo que el lateral y la convexidad mayor en el medial que en el lateral. Son convexos tanto en sentido sagital como transversal, y alargados de anterior a posterior. El contorno de los cóndilos no es circular por lo que describen una curva cuyo radio no es constante por tanto no existe un ángulo de giro único (Kapandji, 1974). Los cóndilos femorales se unen por delante y forman otra carilla articular llamada tróclea femoral, que separa dos vertientes desiguales. La tróclea femoral se articula con la rótula formando la articulación femororrotuliana (Testut y Latarjet, 1981).

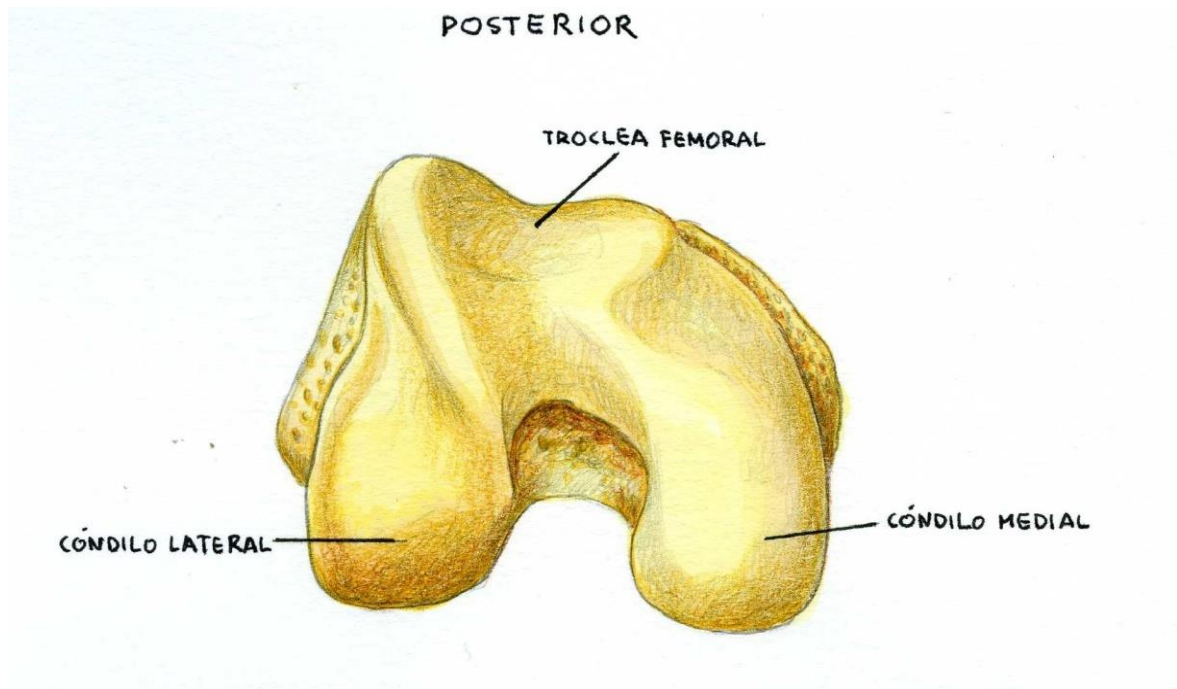


Figura 2. Superficies articulares del fémur.

La segunda de estas estructuras son las cavidades glenoideas. Situadas en la epífisis proximal de la tibia, forman la parte más distal de la rodilla distinguiéndose una cavidad medial y otra lateral. Ambas son cóncavas en dirección transversal. Mientras que la lateral es plana o ligeramente convexa en dirección anteroposterior, la medial también es cóncava en este sentido ([Testut y Latarjet 1981](#)).

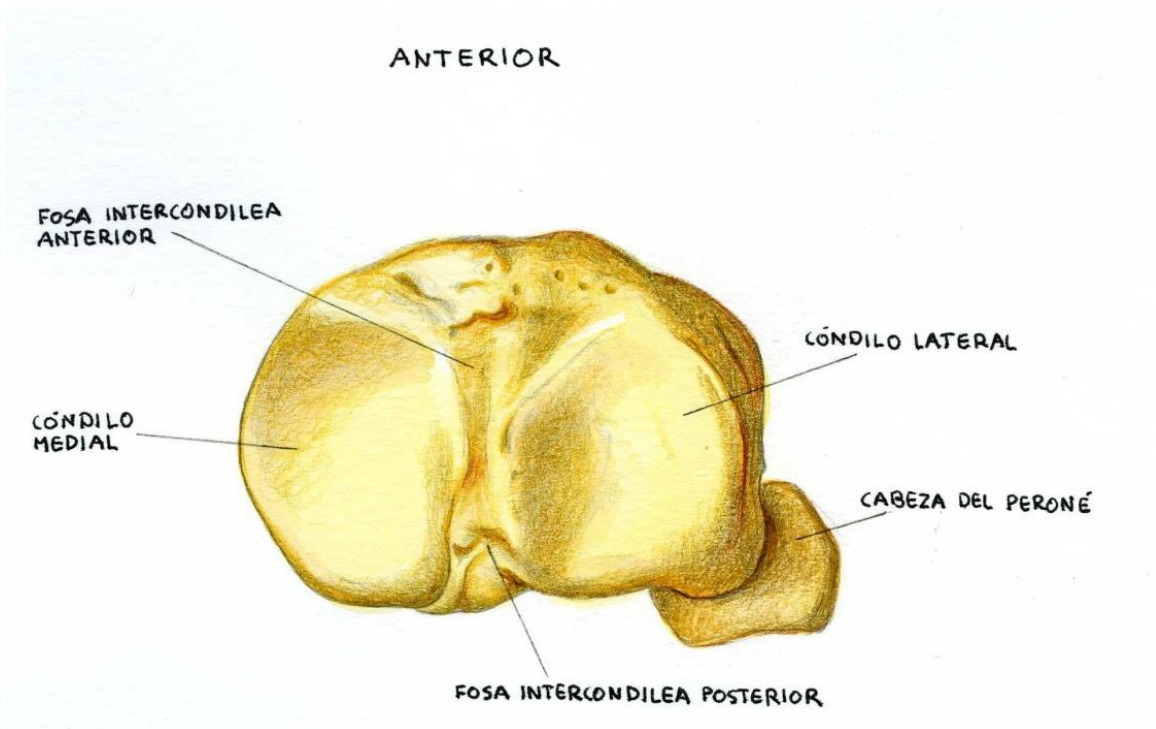


Figura 3. Superficies articulares de la tibia.

La tercera de estas estructuras es la cara posterior de la rótula. Ésta se articula con el fémur mediante una cresta sagital que separa dos vertientes, una lateral más extensa y otra medial. La vertiente medial a su vez se encuentra separada por una cresta perteneciente a una carilla articular en forma semilunar, a la que la rodilla se opone cuando se encuentra en flexión (Testut y Latarjet, 1981).

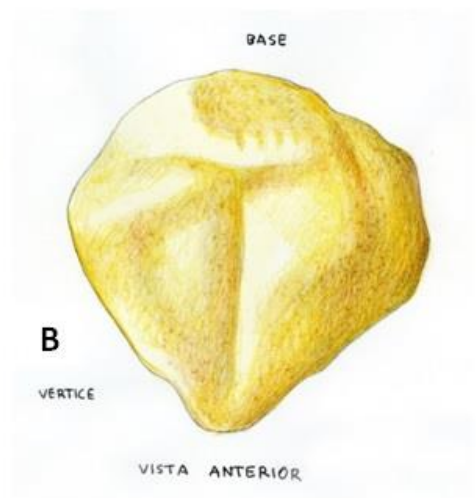
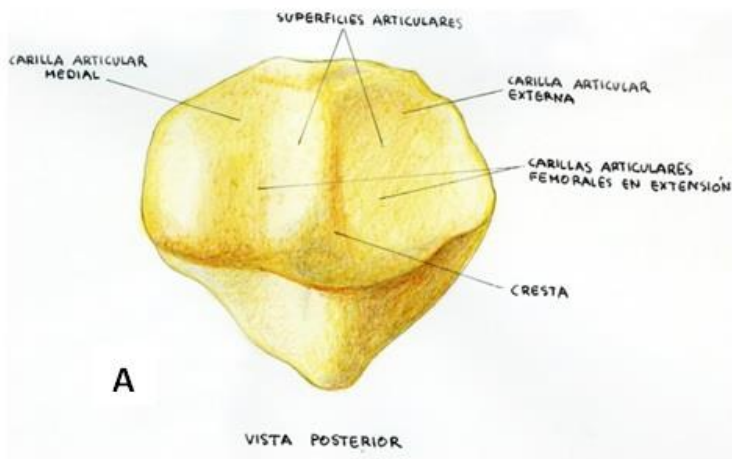
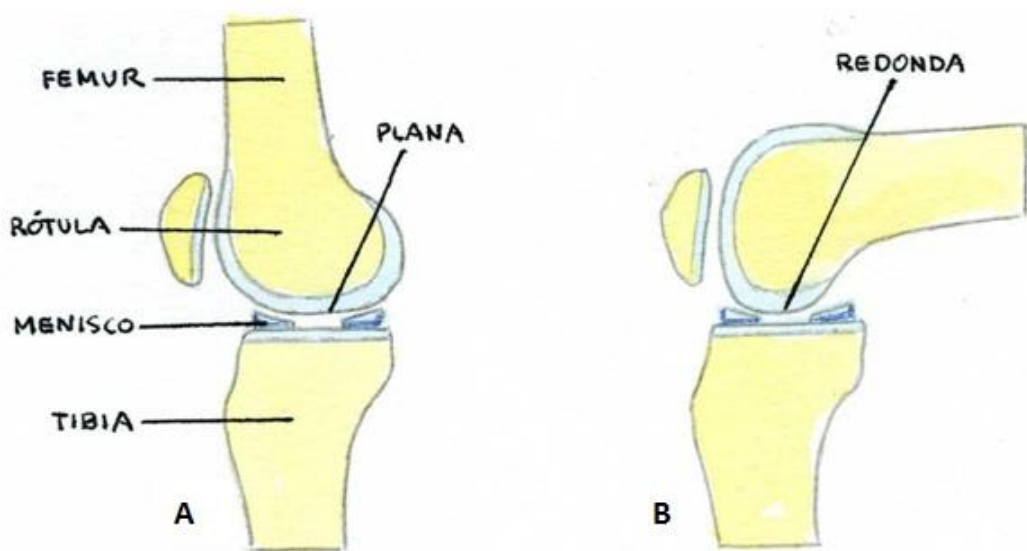


Figura 4. Rótula. **A.** Vista posterior. **B** Vista anterior.



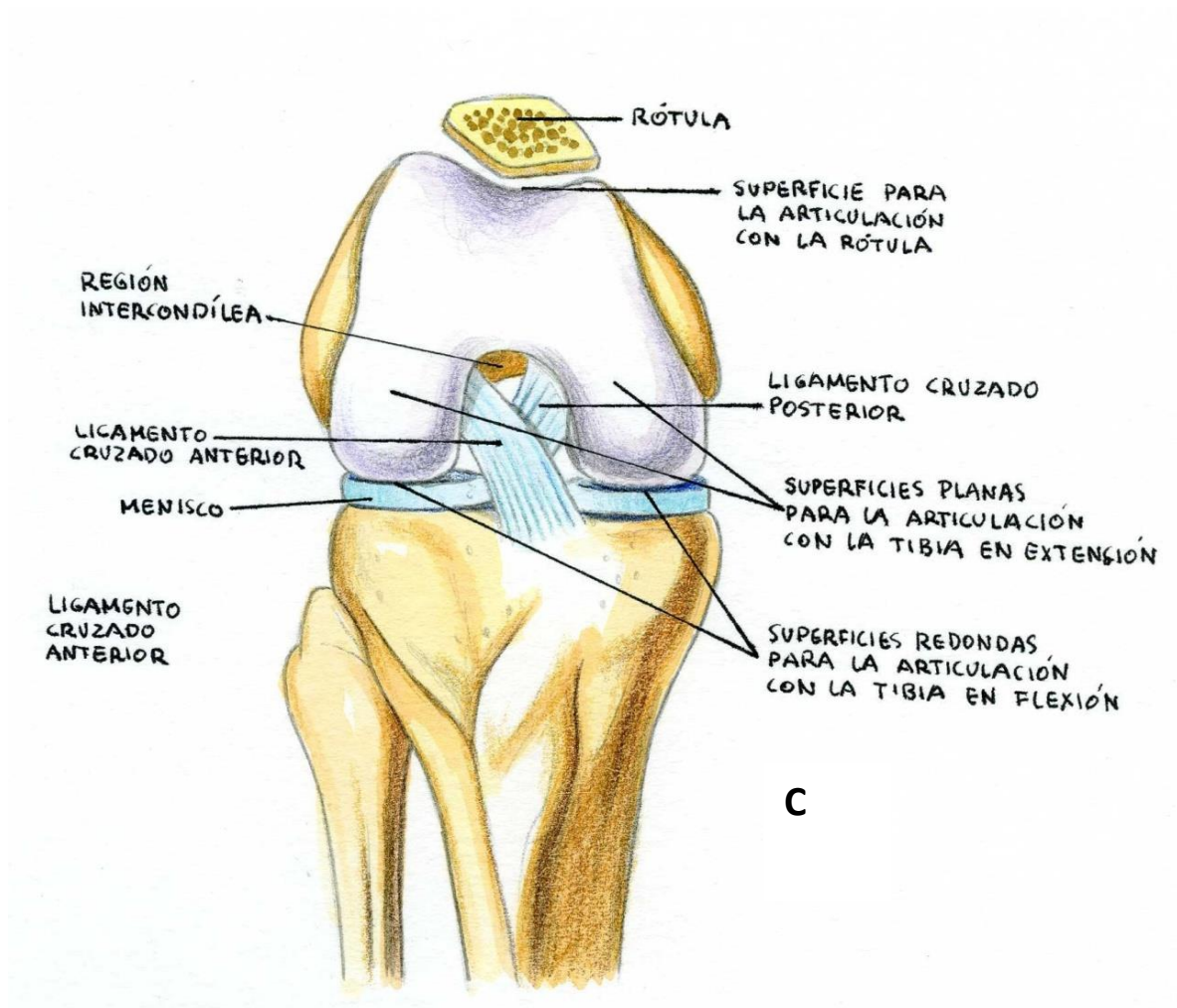


Figura 5. Superficies articulares de la articulación de la rodilla. **A** Extendida. **B** Flexionada. **C** vista anterior (Flexionada).

La última de estas estructuras son los meniscos: fibrocartílagos que se encuentran interpuestos entre los cóndilos femorales y las cavidades glenoideas, para contrarrestar las diferencias anatómicas entre una superficie plana y una curva. Debido a su forma arqueada en proyección vertical y triangular al corte, son los encargados de hacer congruentes dos superficies que no lo son. Encontramos dos meniscos. El menisco medial y el lateral. El menisco medial tiene forma de "C" y es más estrecho anterior que posteriormente, el cuerno anterior se inserta por delante de la inserción del Ligamento

Cruzado Anterior (LCA), en la fosa intercondílea de la tibia, el cuerno posterior se inserta en la fosa intercondílea posterior y entre las inserciones del menisco lateral (Kapandji, 1974; De Palma y Connolly, 1984). El menisco lateral tiene forma de "O", es casi circular, prolonga unas fibras tendinosas que se fijan por detrás y por delante del LCP llamados ligamento menisco femoral posterior o de Wrisberg y ligamento menisco femoral anterior o de Humphrey. Los meniscos se unen entre sí mediante el ligamento transverso (De Palma, 1954; Smillie, 1977).

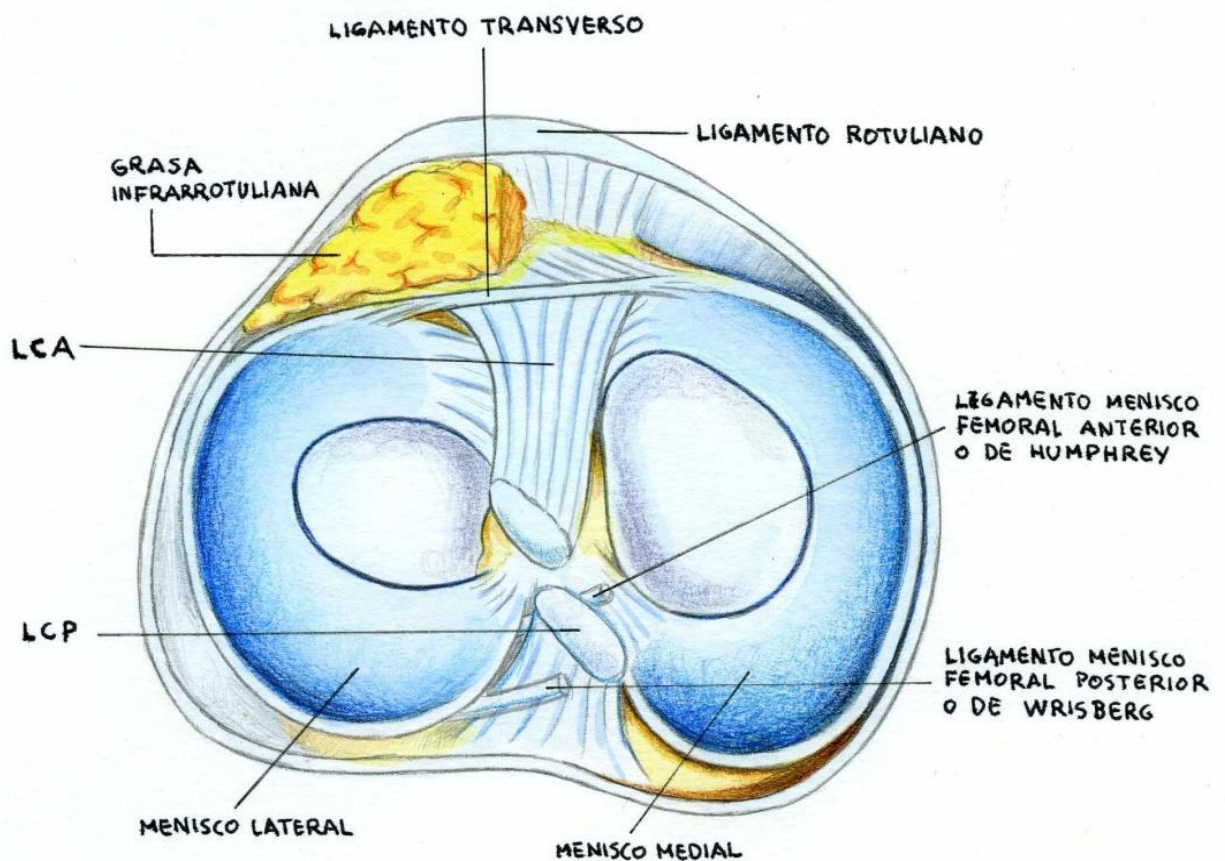


Figura 6. Meniscos de la articulación de la rodilla. Vista superior.

Medios de unión. Principal Musculatura asociada a la flexoextensión de rodilla.

El músculo cuádriceps femoral, es el principal responsable de la extensión de rodilla. Está compuesto por cuatro vientres musculares. El músculo recto anterior formado por dos porciones, la porción directa tiene su origen en la espina ilíaca anteroinferior y la porción refleja en el surco situado por encima del reborde del acetábulo. El músculo vasto externo cuyo origen se encuentra en la porción proximal de la línea intertrocantérea, bordes anterior e inferior del trocánter mayor, labio externo de la tuberosidad glútea, mitad proximal del labio externo de la línea áspera y tabique intermuscular externo. El músculo vasto intermedio que se origina en las superficies anterior y externa de los dos tercios proximales del cuerpo del fémur, tercio distal de la línea áspera y tabique intermuscular externo. El músculo vasto interno cuyo origen se encuentra en la mitad distal de la línea intertrocantérea, labio interno de la línea áspera, porción proximal de la línea supracondílea interna, tendones de los aductores largo y mayor y tabique intermuscular interno. Estos cuatro músculos que componen el cuádriceps comparten la misma inserción, el borde proximal de la rótula y en el ligamento rotuliano hasta la tuberosidad de la tibia. La principal acción del músculo cuádriceps es la extensión de la articulación de la rodilla. Además, la porción del recto anterior flexiona la articulación de la cadera, siendo esta porción la única considerada biarticular ([Kendall et al., 2007](#)).

La musculatura isquiotibial interna está compuesta por los músculos semitendinoso y semimembranoso. El músculo semitendinoso cuyo origen se encuentra en la tuberosidad del isquion por medio de un tendón común con la porción larga del bíceps femoral, y su inserción en la porción proximal de la superficie interna del cuerpo de la tibia y fascia profunda de la pierna. La acción principal de este músculo es la flexión y la rotación interna de la articulación de la rodilla. Además contribuye a la extensión y rotación interna de la articulación de la cadera. El músculo semimembranoso tiene su origen en la tuberosidad del isquion en la porción proximal y externa con respecto al bíceps femoral y al semitendinoso, y su inserción en la cara postero-interna de la meseta

interna de la tibia. Su acción principal es la flexión y la rotación interna de la articulación de la rodilla, además de extender y ayudar a la rotación interna de la articulación de la cadera (Kendall et al., 2007).

La musculatura isquiotibial externa está compuesta por el músculo bíceps femoral. Su porción larga tiene su origen en la porción distal del ligamento sacrotuberoso y parte posterior de la tuberosidad del isquion, mientras que su porción corta tiene su origen en el labio externo de la línea áspera, dos tercios proximales de la línea supracondílea y tabique intermuscular externo. La inserción es común en ambas porciones, la cara lateral de la cabeza del peroné, meseta externa de la tibia y fascia profunda en el lado externo de la pierna. La acción principal del músculo bíceps femoral, en ambas porciones, es la flexión y rotación externa de la articulación de la rodilla. Además la porción larga extiende y ayuda a la rotación externa de la articulación de la cadera (Kendall et al., 2007).

Medios de unión. Capsula articular y Ligamentos asociados a la rodilla.

La cápsula articular está situada en la cara anterolateral, medial y posterior. Anteriormente se funde con el ligamento colateral medial (LCM) y se inserta en la superficie interna al menisco interno. En la cara lateral, la superficie externa de la membrana está separada por un espacio del ligamento colateral externo (LCE). A nivel anterior, se une a los bordes de la rótula allí donde está reforzada por expansiones tendinosas procedentes de los músculos vasto lateral y vasto medial, que también se funden por encima con el tendón del cuádriceps y por debajo con el ligamento rotuliano. La capsula articular está reforzada a nivel anterolateral por una extensión del semimembranoso (el ligamento poplíteo oblicuo) que se refleja a nivel superior través de la porción posterior de la membrana fibrosa de medial a lateral.

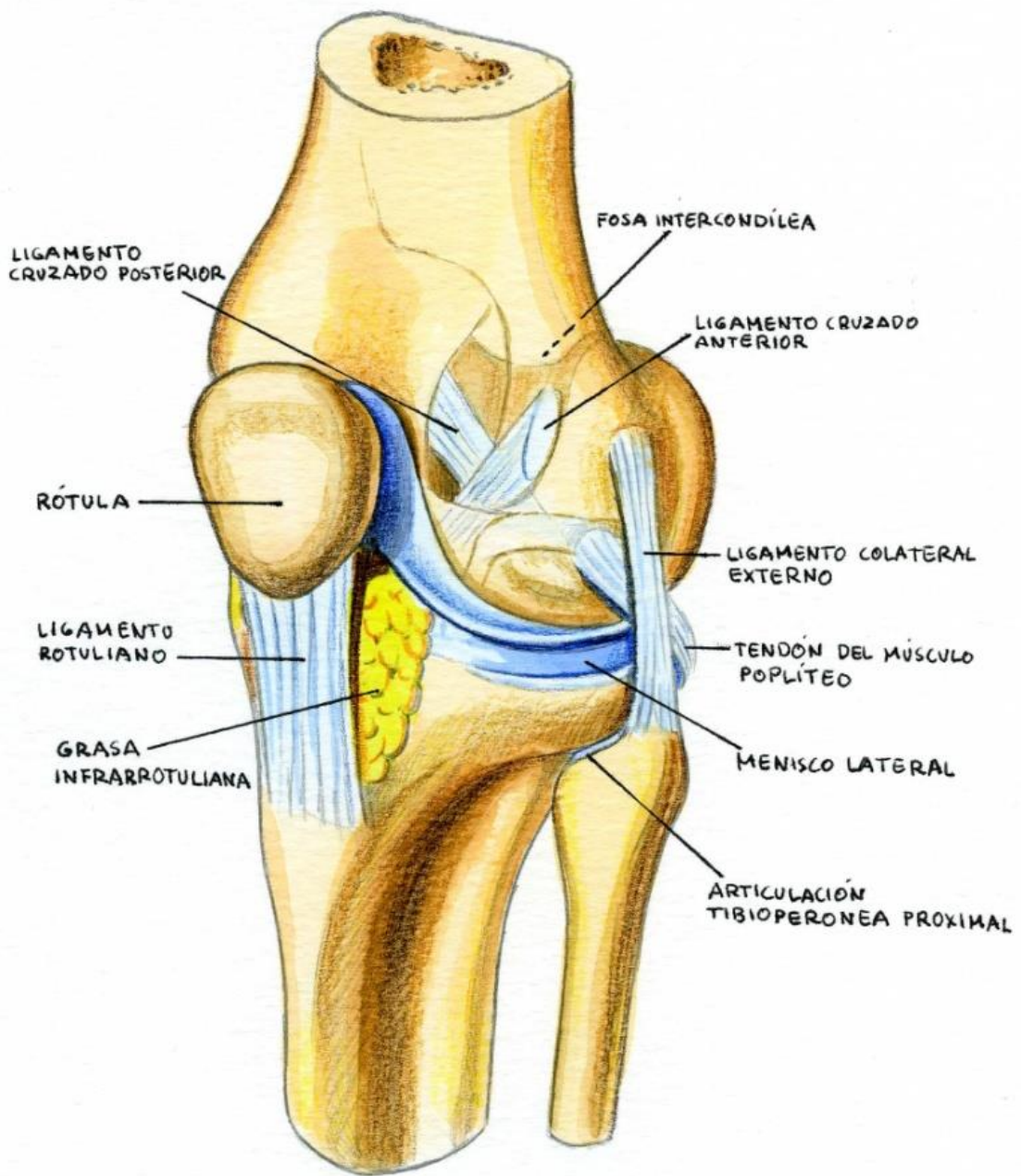


Figura 7. Articulación de la rodilla. No se muestra la cápsula articular.

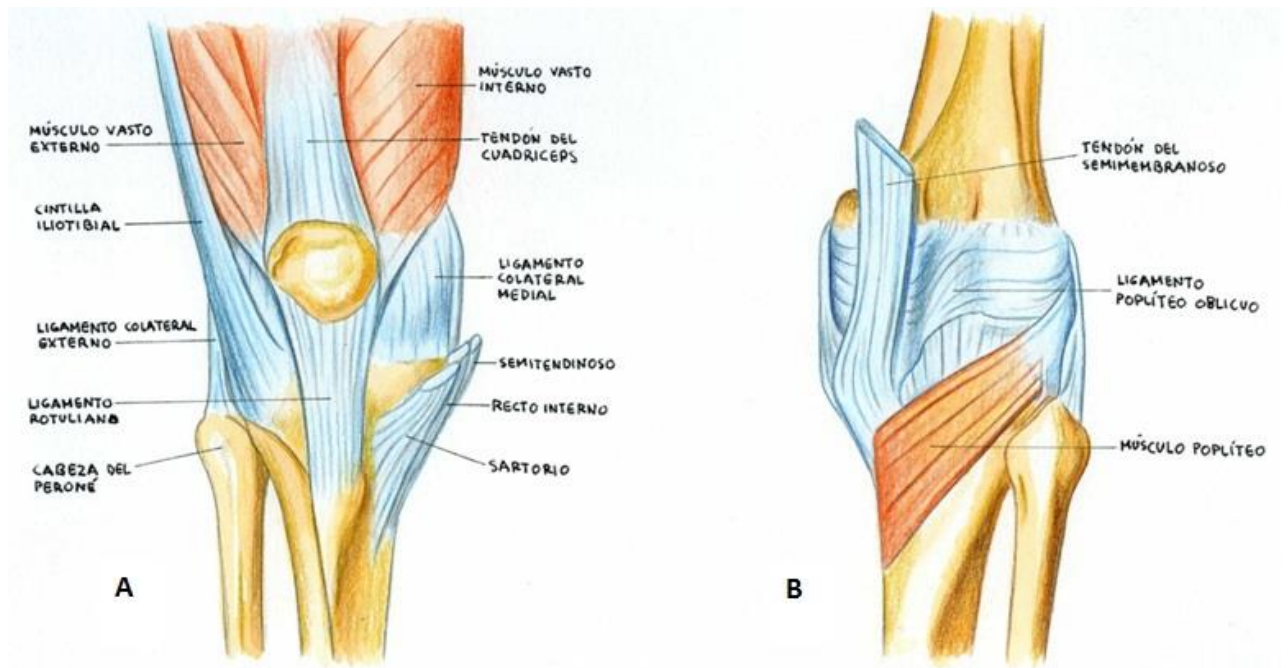


Figura 8. Membrana fibrosa de la cápsula de la articulación de la rodilla. **A** Vista anterior. **B** Vista posterior.

El ligamento rotuliano debe ser considerado como el tendón terminal del cuádriceps, interrumpido en la cara anterior de la rodilla por la rótula. Se origina en el vértice y en los bordes de la rótula y se inserta por debajo de la tuberosidad anterior de la tibia. El ligamento colateral medial (LCM) presenta una estructura formada por una resistente cinta fibrosa de forma triangular y aplanada de base anterior, cuyo vértice se encuentra anclado al menisco medial. El LCM se inserta proximalmente en la tuberosidad del cóndilo interno y distalmente en la parte más elevada de la cara interna de la tibia y en el borde interno de la misma. El ligamento colateral externo (LCE) se origina en la tuberosidad del cóndilo externo del fémur, sus fibras de disposición cordonal se dirigen oblicuas abajo y atrás, fijándose en la superficie anteroexterna de la cabeza del peroné. El LCP su origen se encuentra en la superficie excavada en forma de escotadura localizada por detrás de la espina de la tibia, separando en este punto las dos cavidades glenoideas. Desde aquí se dirige oblicuamente hacia arriba, delante y adentro para insertarse en la parte anterior de la cara externa del cóndilo interno (Drake

et al., 1998). Por último, encontramos el LCA, del que realizaremos un estudio en profundidad a lo largo del presente trabajo.

Ligamento Cruzado Anterior

Función

La función principal del LCA es impedir la anteriorización de la tibia en relación con el fémur y controlar las cargas en varo o valgo y las rotaciones de la rodilla (Inoue et al., 1987; Alm et al., 1974).

Perspectiva histórica.

En 1921 Bircher aporta unas nociones históricas al respecto. Así, la anatomía del LCA no se ha modificado durante los últimos 5 milenios. Prueba de ello son las descripciones anatómicas realizadas en el antiguo Egipto, aproximadamente 3000 años a.C., donde se detallaron los primeros estudios anatómicos plasmados en papiros. Más tarde Hipócrates (460-370 a.C.) en uno de sus escritos describiría un episodio de subluxación de una rodilla como consecuencia de una lesión en el LCA. Finalmente sería Claudio Galeno de Pérgamo (129-199 a.C.) el que daría nombre por primera vez a lo que hoy en día conocemos como LCA, denominándolo "*ligamentum genu cruciata*" (Torres, 2014).

Anatomía.

El LCA es un ligamento intraarticular y extrasinovial situado en la escotadura intercondilea del fémur. Su inserción distal se localiza en el área prespinal del platillo tibial, de manera que discurre oblicuamente casi en horizontal hacia arriba, atrás y afuera para acabar fijándose en su inserción proximal en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo (Testut y Latarjet, 1981). Tiene forma de cordón, una característica común a los ligamentos "acordonados" es que tras una rotura sufren una retracción en los extremos y nunca restablecen su continuidad (Guillen et al., 1984). El LCA está constituido por dos fascículos, antero-medial (AM) y el postero-lateral

(PL) (Nielsen y Helmig, 1985), orientados armónica y regularmente con puntos distintos de origen e inserción adoptando espacialmente una disposición helicoidal con el objetivo de garantizar la tensión necesaria a lo largo de todo el movimiento de la articulación de la rodilla (Kennedy et al., 1974).

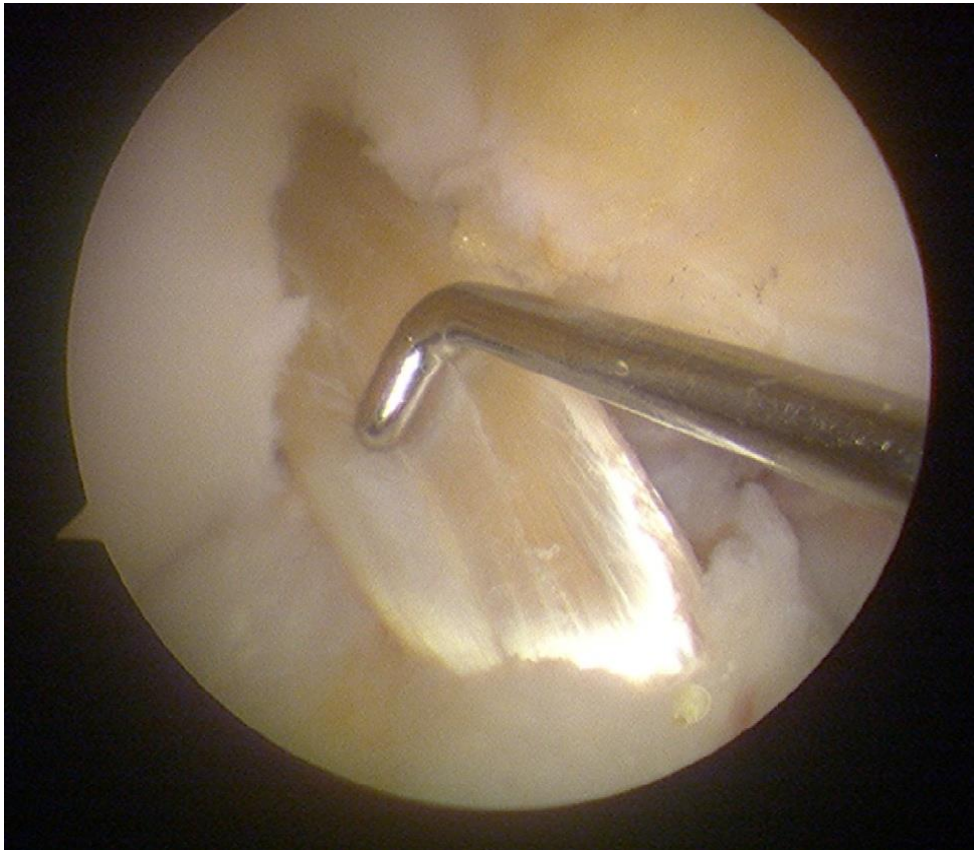


Figura 9. Imagen del LCA mediante artroscopia.

Estos dos fascículos son funcionalmente diferentes. El fascículo AM se origina en la parte más proximal y anterior del fémur y se inserta en la parte más anterior y medial de la espina de la tibia. El fascículo PL tiene un origen más distal y un poco posterior en el fémur para terminar fijándose en la tibia también más posterior en relación al AM (Maestro et al., 2008). Desde el punto de vista mecánico, el fascículo AM es el encargado de estabilizar el cajón anterior de la rodilla en un arco de flexión entre 0° y 90°. Asimismo, se tensa con la rodilla en flexión mientras que el fascículo PL lo hace con la

rodilla en extensión. A modo de ejemplo, en una posición de flexión, la inserción femoral del LCA se encuentra más horizontal provocando una tensión en el fascículo AM y relajando las fibras del fascículo PL. Por otro lado, el fascículo PL se encarga de la restricción de la rotación interna. Con la rodilla en extensión los dos fascículos se colocan en paralelo girando sobre sí mismos cuando la rodilla se dirige a la flexión (Zantop et al., 2006).

Las principales propiedades del LCA son por un lado, su comportamiento mecánico no lineal, ya que debido a las cargas, tensiones y deformaciones no uniformes a las que se ve sometido, tiene que asumir la carga con diferentes niveles de tensión (Weisman, 1980), y por otro lado, sus propiedades viscoelásticas que le proporcionan una capacidad para amortiguar las deformidades sufre como consecuencia de las tensiones a las que es sometido (Kwan, 1993). El LCA tiene una importante vascularización arterial, fundamentalmente a través de dos vías: la arteria articular media y las ramas anteriores de las arterias articulares inferoexterna e inferointerna (Scapinelli, 1968). Está inervado por el nervio articular posterior correspondiente a una rama del nervio tibial posterior (Kennedy et al., 1982).

Mecanorreceptores.

Estas terminaciones nerviosas aferentes están ubicadas al final de las fibras nerviosas y se encargan de captar estímulos relacionados con el movimiento, aceleración y deformidades mecánicas como la presión, la inclinación o la elongación del tejido. En el caso del LCA destacamos 4 tipos de mecanorreceptores: Corpúsculos de Pacini, Ruffini, Terminaciones Libres y Corpúsculos Neurotendinosos de Golgi. En el LCA, los mecanorreceptores más numerosos son los Corpúsculos de Pacini, estos son de adaptación rápida al cambio, e indican el inicio y el final del movimiento. Además, señalan los cambios dinámicos en las deformaciones de los tejidos, sin embargo están insensibilizados en cuanto a las situaciones de equilibrio dinámico. El segundo tipo de mecanoreceptor son los Corpúsculos de Ruffini, estos son de adaptación lenta y señalan los cambios frente a la tensión y elongación del ligamento durante el movimiento,

registrando cambios en el equilibrio dinámico durante periodos largos. Además, señalan cambios estáticos y dinámicos identificando el límite de movimiento en la flexoextensión y durante la rotación de rodilla. En tercer lugar, encontramos las Terminaciones Libres, estas se encuentran dentro de las fibras de colágeno del LCA y responden frente a los estímulos de alta intensidad a los que frecuentemente se ve sometido el ligamento, actuando como nociceptores. Por último, encontramos los Corpúsculos Neurotendinosos de Golgi que presentan un umbral alto a la deformidad mecánica, como la presión o la compresión, pudiendo señalar cambios durante periodos prolongados antes de adaptarse al nuevo estado (Josa et al., 1993; Adachi et al., 2002; Georgoulis et al., 2001).

Epidemiología de la lesión del LCA.

Después de la patología de raquis, las patologías asociadas a la articulación de la rodilla son las más frecuente en el sistema musculoesquelético, siendo la rotura del LCA la más común (Van Grinsven, 2010). La incidencia de rotura del LCA en España se sitúa en 3/10.000 habitantes por año (13.800 afectados al año 2005), siendo la población joven (con edades comprendidas entre los 15 y 30 años) que práctica algún tipo de actividad física o deporte la más afectada (Van Grinsven et al., 2010; López et al., 2011). Resulta interesante comprobar que, durante los últimos años se ha observado un aumento en los casos de lesiones del LCA de la rodilla, debido al aumento de la población que práctica actividades deportivas de manera regular (Van Grinsven et al., 2010). Lo que ha convertido a la rotura del LCA en una de las patologías más investigadas y que más interés ha suscitado y en las últimas décadas (Farshad et al., 2011; Shultz et al., 2012; Anderson et al., 2016).

Estudios previos han descrito diferencias entre géneros respecto a la probabilidad de sufrir una lesión de LCA. Las mujeres presentan entre 2 y 8 veces más probabilidades de sufrir una rotura del LCA frente a los hombres (Boden, 2010; Quatman, 2009). En el ámbito deportivo se confirman estos datos. Como señalan estudios previos, las mujeres mayores de 12 años que practican algún deporte que

implica cambios de dirección o acciones que requieran saltos, tienen una incidencia de lesión entre 4 a 6 veces mayor que sus homólogos masculinos (Hewett et al., 1999; Bien, 2011). Además, como apunta un reciente estudio, los deportes que requieren acciones pivotantes y rotaciones como la práctica de fútbol, baloncesto o rugby aglutinan el 70% de todas las lesiones del LCA (Micheo, 2010). Otros estudios apuntan que el riesgo de lesión aumenta con la competición. Los índices de lesión son de 3 a 5 veces mayores con respecto a las lesiones que se producen durante las sesiones de entrenamiento (Cimino et al., 2010; Hootman et al., 2007). Una explicación a esta situación puede encontrarse en el grado de exigencia durante la práctica deportiva. Durante los entrenamientos, la intensidad de las acciones es generalmente más baja respecto a la competición, mientras que en competición el umbral de esfuerzos es mayor incrementando el riesgo de lesión (Hootman, 2007).

Tras la lesión con rotura de LCA, la intervención más frecuentemente empleada es la cirugía reparadora. En países como los Estados Unidos de América, se realizan más de 150.000 intervenciones del LCA al año (Rue, 2008) y en España el número de intervenciones fue aproximadamente 15.000 en el año 2005 (Cha et al., 2005). Como apuntan estudios previos, en los casos de pacientes que practican deporte de manera regular o deportistas profesionales, el 98% de las roturas del LCA deberían someterse a una intervención quirúrgica para su completa reparación, intervención que les permita tras la rehabilitación retomar la práctica deportiva con plenas garantías (Marx et al., 2003).

Mecanismo de lesión.

El LCA es susceptible de lesionarse cuando se le somete a una tensión excesiva. Se han descrito dos mecanismos que provocan las lesiones del LCA:

1) Mecanismos de contacto: *"todas aquellas lesiones sufridas como resultado de un golpe directo en la rodilla u otra parte del cuerpo por otro deportista o un objeto durante el transcurso del juego"* (Gilchrist, 2008).

2) Mecanismos sin contacto son: "*todas aquellas lesiones sufridas sin la existencia de factores extrínsecos*" (Gilchrist, 2008).

Es necesario destacar, que existe una mayor prevalencia de la lesión sin contacto frente a la lesión del LCA por mecanismo directo. Concretamente, entre un 60%-70% de las lesiones del LCA se producen sin contacto, mientras que solo un 30-40% de las lesiones que se producen debido a un contacto directo (Gianotti et al., 2009; Cimino et al., 2010). Independientemente del mecanismo de lesión, tras la lesión, el LCA puede verse afectado en mayor o menor grado. Desde esta premisa, la lesión más frecuente es la rotura del LCA (Markolf, 1995), aunque existen diferentes grados de lesión parcial entre los que destacan la elongación o rotura parcial leve y rotura parcial del ligamento. En todos los casos, independientemente del grado de afectación del LCA, los síntomas descritos por los sujetos afectados son la inestabilidad y el dolor, síntomas que se ven acompañados por un derrame articular (Morales et al., 2013).

Mecanismo de lesión de la rotura del LCA.

Como hemos señalado en el apartado anterior, la rotura del LCA es la más común frente a la rotura parcial o elongación. El mecanismo de rotura del LCA está asociado a unos parámetros dispuestos simultáneamente. El sujeto parte de una acción de desaceleración, en la que su rodilla se encuentra próxima a la extensión y con una rotación interna. El peso del sujeto queda desplazado sobre esta pierna, y el pie apoyado sobre la superficie de juego produciendo un bloqueo en valgo que termina por romper el LCA (Melnyk, 2008; Mc Lean et al., 2007).

Factores de riesgo.

Estudios previos han tratado de esclarecer los factores predisponentes a sufrir una lesión del LCA, aunque no han alcanzado unanimidad en sus resultados (Kirkendall y Garret, 2000).

Pese a la falta de acuerdo, la literatura apunta a la existencia de dos factores de riesgo principales: los factores extrínsecos y los factores intrínsecos.

- 1) **Los factores extrínsecos**, hacen referencia a las características ambientales sobre las que se desarrolla la práctica deportiva, las condiciones climatológicas, superficie del terreno de juego, el tipo de calzado y la interacción del calzado con la superficie de juego ([Renstrom et al., 2008](#)).
- 2) **Los factores intrínsecos**, hacen referencia a aspectos anatómicos del deportista. Existen aspectos anatómicos que deben tenerse en consideración para mejorar la comprensión de los factores implicados en una rotura del LCA, aunque el potencial preventivo que ofrece la anatomía es relativamente bajo, al ser un aspecto no modificable ([Griffin et al., 2006](#)).

El volumen de literatura analizando los factores de riesgo asociados a la lesión del LCA se centra principalmente sobre los factores intrínsecos. En sus análisis, se destacan siete características a tener en cuenta: 1) la variación anatómica del surco intercondíleo del fémur, 2) los factores hormonales en la mujer, 3) la laxitud ligamentosa, 4) la posición de la pelvis, 5) el ángulo Q del fémur, 6) los desequilibrios musculares y 7) el ángulo de torsión femoral.

La variación anatómica del surco intercondíleo del fémur. Se ha demostrado una relación entre el tamaño y la forma de la escotadura intercondílea y el riesgo de sufrir una lesión del LCA ([Shelbourne et al., 1998](#)). Como señala Renstrom y colaboradores, un surco intercondíleo más estrecho aumenta el riesgo de lesión al producir un mayor compromiso entre el ligamento y los elementos óseos vecinos ([Renstrom et al., 2008](#)).

Los factores hormonales en la mujer: diferentes estudios evidencian la asociación entre el riesgo de lesión del LCA y las fluctuaciones específicas en las hormonas sexuales, concretamente en el género femenino. Como apuntan estos estudios, un mayor número de lesiones se producen en el periodo preovulatorio del ciclo menstrual, momento en el que el nivel de estrógenos es más alto. ([Beynon et al.,](#)

2005; Hewett et al., 2007; Hicks et al., 2007). Ante esta circunstancia, una de las medidas estudiadas para la prevención y reducción de la incidencia de lesiones del LCA en mujeres deportistas, es el uso de anticonceptivos orales (Hewett et al., 2000), ofreciendo hasta la fecha resultados contradictorios, por lo que es necesario mayor cantidad de estudios y de mejor calidad de los mismos para establecer si el uso de anticonceptivos orales es eficaz o no para la prevención de lesiones del LCA en mujeres deportistas (Lefevre et al., 2013).

La laxitud ligamentosa. Este factor ha demostrado ser mayor en las mujeres que en los hombres (Park et al., 2008; Uhorchak et al., 2003), circunstancia que se ha llegado a asociar con una mayor incidencia en las acciones de bloqueo en valgo y varo y de rotaciones en la rodilla durante la práctica deportiva (Shultz et al., 2007). Una de las explicaciones aportadas a esta asociación, es que la laxitud ligamentosa alteraría los movimientos de las extremidades inferiores y podría modificar la dinámica de las cargas aumentando así el riesgo de rotura del LCA (Myer et al., 2008).

La posición de la pelvis. Los cambios prolongados y mantenidos en el tiempo en la pelvis, provocan alteraciones en la musculatura isquiotibial y glútea así como en la articulación de la cadera (Shultz et al., 2007). Una inclinación pélvica anterior podría provocar una rotación interna de la cadera, situación que debilitaría los músculos isquiotibiales y ocasionaría cambios en la acción muscular de los glúteos, repercutiendo sobre la flexión de cadera y contribuyendo a un bloqueo en valgo dinámico (Delp et al., 1999).

Otro factor predisponente es el ángulo Q del fémur. Este ángulo está formado por una línea que va desde la espina ilíaca anterosuperior al centro de la rótula y una segunda línea dirigida desde el centro de la rótula hasta la tuberosidad anterior de la tibia (Prentice, 2006). La interpretación del ángulo Q se utiliza para la medición de la alineación de las rodillas. Un ángulo Q mayor de 12° en el hombre y 15° en la mujer se ha considerado que podría alterar la biomecánica de la extremidad inferior, generando un aumento de tensión en el LCA (Boden et al., 2000; Shambaugh et al., 1991).

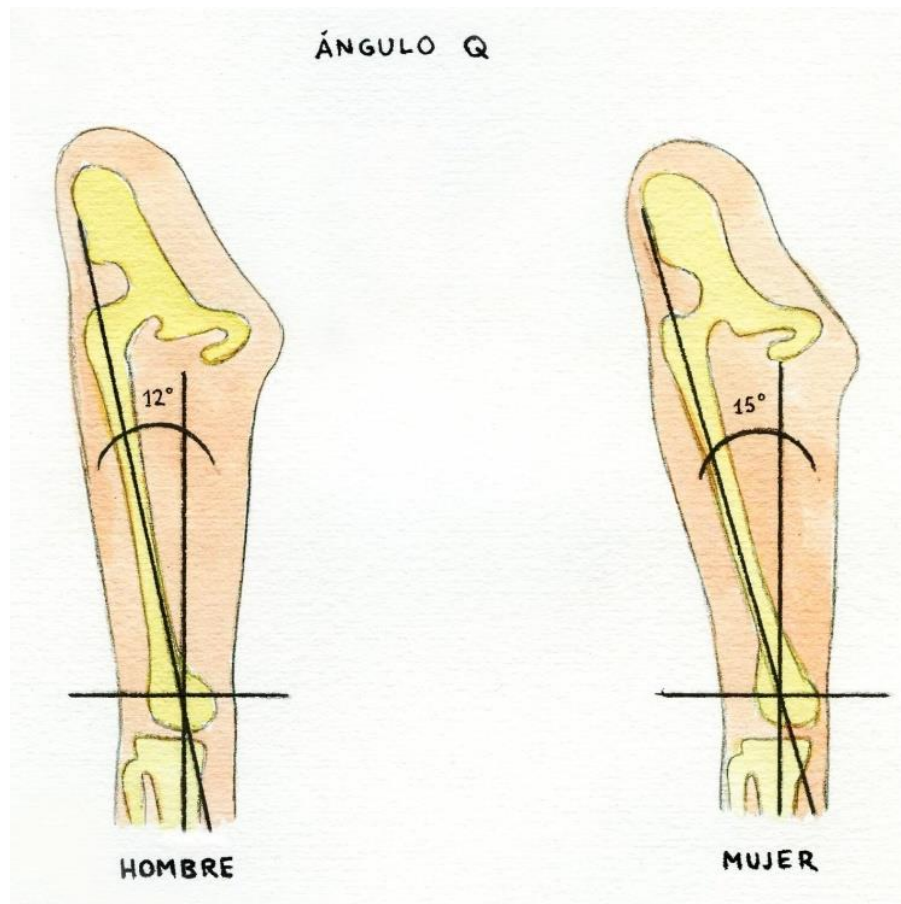


Figura 10. Medidas del Ángulo Q del femur.

Desequilibrios musculares. Estudios previos señalan que las deficiencias en el control neuromuscular durante los movimientos implicados en las acciones deportivas parecen ser responsables de las lesiones del LCA (Rudolph et al., 2001; Zazulak et al., 2007). Los deportistas que sufren una rotura del LCA, presentan importantes desequilibrios musculares entre las dos extremidades inferiores, así como una reducción en la activación de la musculatura flexora. Los desequilibrios musculares pueden mostrarse como un factor limitante para retomar la práctica deportiva después de una intervención del LCA (Hewett et al., 2005). La cuantificación de los desequilibrios musculares, y del control neuromuscular, permiten crear un modelo predictivo para

evitar lesiones del LCA, diseñar estrategias de intervención más eficaces, asegurar un retorno seguro al deporte y evitar las recaídas (Paterno et al., 2010).

El ángulo de torsión femoral. Este último factor intrínseco se define como el ángulo que se forma entre el eje del cuello femoral y una línea que atraviesa transversalmente los cóndilos femorales y que en el adulto es de 15° (Miralles y Saltor, 1987). Un aumento del ángulo de torsión femoral se ha asociado con el aumento de la rotación externa de la tibia (Miralles y Miralles, 2007) que aumenta el bloqueo funcional en valgo de la articulación de la rodilla aumentando el riesgo de rotura del LCA (Olsen et al., 2004).

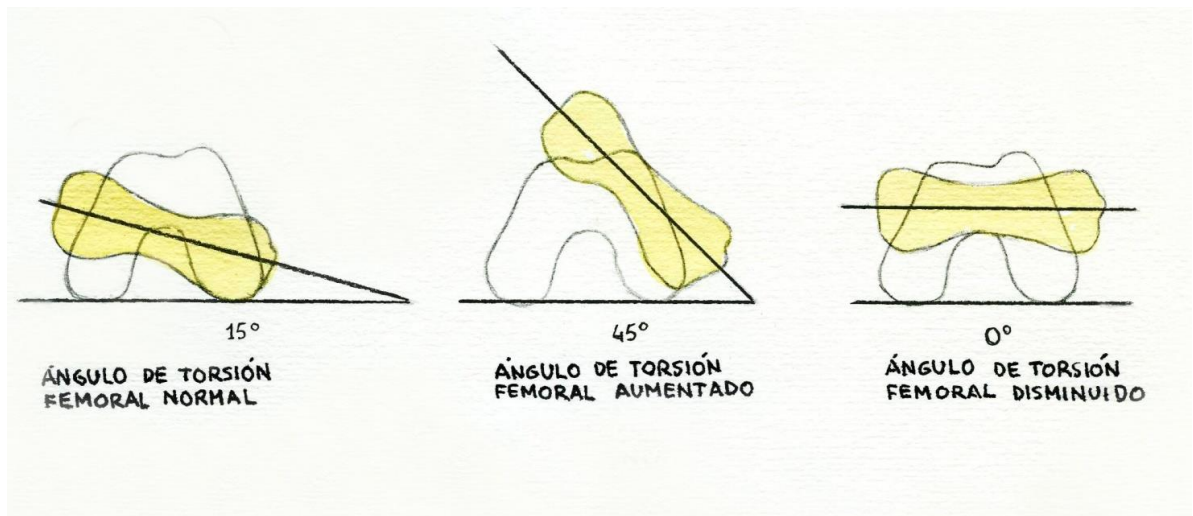


Figura 11. Medidas del ángulo de torsión femoral

Diagnóstico de la lesión del LCA.

El diagnóstico de la lesión del LCA, es fundamentalmente clínico y se fundamenta en la anamnesis y en la exploración clínica de la rodilla (O'Shea et al., 1996). Cuando se produce una lesión del LCA, en la mayoría de las ocasiones el deportista refiere haber escuchado un crujido y una sensación de inestabilidad. Posteriormente aparece una

hinchazón en la articulación como consecuencia de un aumento del líquido articular por hemartrosis, dolor agudo e impotencia funcional (Maxey, 2007).

En una primera evaluación de las lesiones del LCA se utilizan técnicas manuales entre las que destaca el Test de Lachman siendo este el más empleado y que ha demostrado mayor fiabilidad y validez (Mulligan et al., 2015). En caso de ofrecer un resultado positivo, normalmente se realiza un examen de imágenes por resonancia magnética nuclear (RMN) para confirmar el diagnóstico (Flynn et al., 2008).

Valoración Manual del LCA

En la literatura encontramos diferentes pruebas de valoración del LCA como son el test del Cajón Anterior, test de Lachman, Test de Jerk, Test de Pivot Shift y el Test de Recurvatum en Rotación Externa, siendo el Test de Lachman la prueba más utilizada al considerarse como el “gold standard” para la valoración clínica del LCA al mostrar una clara sensibilidad y especificidad además de considerarse una prueba válida y fiable (Mulligan et al., 2015; Lange et al., 2015). El Test de Lachman: El deportista se colocará en decúbito supino, la rodilla flexionada aproximadamente 20°, el explorador colocará la rodilla debajo del muslo del deportista mientras sujeta con una mano el extremo distal del fémur en su cara anterior palpando la línea articular; la otra mano queda a nivel proximal de la tibia con los cuatro últimos dedos en el hueco poplíteo y con el pulgar en la cara anterior. El examinador aplicará fuerzas en sentido anterior a través de la tibia. Si el ligamento está íntegro encontrará sensación de resistencia y si el movimiento es excesivo y no hay resistencia la prueba será positiva, lo que indicará que el ligamento estará roto (Lubowitz et al., 2008).

Valoración por imagen LCA

Con el fin de ayudar y complementar el diagnóstico de la lesión del LCA, además de utilizar las técnicas manuales, podemos recurrir a la imagen a través de la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), que aporta información complementaria a la evaluación del estado del LCA, las roturas meniscales o las contusiones óseas. Demostrando su valía

como método de diagnóstico no invasivo (Thomas et al., 2007). La sospecha en el diagnóstico de una rotura del LCA observada en la RMN, se confirma posteriormente en un 90% de los casos cuando se efectúa una artroscopia (Flynn et al., 2008; Roberts et al., 2007).

Reconstrucción tras la rotura del LCA

Los deportistas con rotura del LCA precisan una reconstrucción del ligamento mediante cirugía, proceso en el que la artroscopia aparece como la técnica quirúrgica principalmente utilizada para reparar la rotura del LCA (Griffin et al., 2000). La principal característica de esta técnica, que ofrece muchas variantes, es que el tamaño de la incisión es mínimo acortando el proceso de rehabilitación considerablemente (López, 2006). El tratamiento quirúrgico de la rotura del LCA ha demostrado ser potencialmente favorable para un rápido retorno a la práctica de actividad física en deportistas con rotura del LCA, en comparación con las técnicas conservadoras (Casteleyn, 1999; Casteleyn y Handelberg, 1996).

El objetivo de la reconstrucción del LCA en deportistas es asegurar un regreso seguro y al mismo nivel a las actividades físicas preoperatorias. Los injertos más ampliamente utilizados para reconstruir el LCA son el tercio central del tendón rotuliano, al que están unidos en sus extremos dos pequeñas porciones de hueso de la tibia y de la rótula (HTH), un injerto de tendón del semitendinoso y recto interno (ST), o más recientemente el uso de una plastia de cadáver (aloinjerto). El uso de injertos biológicos (xenoinjertos) está actualmente en desuso. La elección del injerto para reparar el LCA ha provocado la realización de numerosos estudios sin que existan conclusiones unánimes (Vaquero et al., 2008; Cvetanovich, 2014).

La utilización de un injerto HTH conlleva la extracción quirúrgica del tercio central del tendón rotuliano con una porción de hueso de la rótula en su parte más proximal y de la tuberosidad anterior de la tibia en su parte más distal. El injerto ST requiere de la

extracción de la porción tendinosa de los músculos semitendinoso y/o recto interno del paciente ([Mohtadi, 2011](#)).

La utilización de aloinjertos, provenientes de los bancos de huesos, ha ido en aumento, en los estudios comparativos realizados no se han encontrado resultados que puedan demostrar diferencias en relación a la utilización de los autoinjertos ([Bach, 2005](#)). Actualmente, se suele utilizar mayoritariamente el autoinjerto ST por el bajo dolor postoperatorio producido, porque elude la supresión de parte del mecanismo extensor y porque a la vez muestra muy poca diferencia tanto clínica como funcional en comparación con el injerto HTH ([Kim et al., 2013](#)). Sin embargo, por lo que respecta a nuestro conocimiento, en la actualidad no existe un consenso claro sobre el tipo de intervención quirúrgica a utilizar para la reparación del LCA que se muestre significativamente mejor respecto al resto de las técnicas empleadas. Un hecho destacable a lo largo de la literatura, es la ausencia de criterio y discusión respecto a esta cuestión. Autores como Mascarenhas et al., Andernord et al., o Kraeutler et al. realizaron metaanálisis donde confirmaron la ausencia de criterios. ([Mascarenhas et al., 2015](#); [Andernord, 2014](#); [Kraeutler et al., 2013](#)).

Protocolos de Rehabilitación.

Los avances en las técnicas quirúrgicas han permitido iniciar la rehabilitación (Rhb) postoperatoria de manera más temprana. Los largos periodos de inmovilización después de la intervención están en desuso y han sido sustituidos por protocolos acelerados que han demostrado mejores resultados funcionales ([Wright et. al., 2015](#); [Kruse et.al., 2012](#)). Los protocolos más acelerados están estructurados y organizados de una manera progresiva, sin embargo aunque en la literatura aparecen descritos gran variedad de ellos, no existe un consenso claro acerca del protocolo óptimo a utilizar durante la Rhb del LCA ([Ardern et al., 2014](#); [Cvetanovich et al., 2014](#)). Pese a esta circunstancia, sí existen criterios definidos de progresión utilizando fases y objetivos fundamentados dentro de los programas de Rhb. Estos programas enfatizan en la necesidad de restablecer cuanto antes la extensión completa de la rodilla para

posteriormente completar el rango de movimiento (ROM, del inglés *Range of movement*), iniciar lo antes posible la carga parcial, fortalecer muscularmente y mejorar la estabilidad dinámica de la articulación mejorando la propiocepción (Wilk et al., 2012; Beynnon et al., 2011). Tampoco existe un consenso respecto al tiempo necesario para que un deportista se encuentre en condiciones de volver a la competición tras una reconstrucción del LCA. El uso exclusivo de pautas temporales para decidir su regreso al deporte demuestra ser una escala de medir inexacta (Myer et al., 2012). Tras una revisión bibliográfica realizada por Barber-Westin y Noyes en la que se analizan 264 estudios, las conclusiones muestran que 105 de los estudios analizados (40%) no proporcionaban datos acerca de las medidas para el regreso al deporte después de la cirugía. 122 estudios (46%) utilizaban como único criterio el tiempo postoperatorio y otros 35 (13%) aportaron criterios que incluían la realización de pruebas para valorar la fuerza muscular, exámenes generales de la rodilla, pruebas de salto y cuestionarios validados. Sólo 2 de los estudios analizados por estos autores utilizaron 4 ó 5 factores objetivos y cuantificables para determinar la vuelta a la competición (Barber-Westin y Noyes, 2011). Estudios posteriores confirman estas conclusiones (Failla et al., 2015; Czuppon et al., 2014). Además, numerosas publicaciones describen el regreso al deporte después de realizar un protocolo de Rhb tras una reconstrucción del LCA. Sin embargo, no hay directrices claras y evidenciadas que garanticen un retorno seguro a la competición (Yabroudi e Irrgang, 2013; Feller y Webster, 2013). El principal inconveniente para poder dictaminar cuando un deportista está en condiciones de retomar su actividad deportiva es la presencia de desequilibrios musculares respecto a la fuerza, mostrándose directamente relacionados con un mal funcionamiento de la rodilla (De Jong et al., 2007). Entendiendo por fuerza muscular a la capacidad del músculo para producir tensión y poder realizar una acción física (American Physical Therapy Association, 2001). La existencia de déficits musculares en la extremidad inferior constituye un factor de riesgo, ya que puede provocar una nueva rotura del ligamento. Estos criterios de valoración de los desequilibrios musculares incluyen la evaluación de los déficits de la musculatura de la rodilla, tanto la fuerza flexora como

extensora y las relaciones existentes entre ellas, determinando la aptitud de un deportista para regresar o no a la competición (Zhang et al., 2002; Paterno et al., 2010). Por tanto, el objetivo de los protocolos de rehabilitación tras una cirugía es devolver al segmento corporal afectado su función normal y en ese sentido, la medida de la fuerza muscular es una forma de evaluar la efectividad de los tratamientos (Dauty et al., 2014).

Con el objetivo de medir la fuerza muscular se han desarrollado equipos de valoración que permiten cuantificar la fuerza desarrollada por determinados grupos musculares, constatar posibles déficits y cuantificar el resultado del tratamiento (Slocker de Arce et al., 2002). La herramienta más utilizada para la valoración de la fuerza y los desequilibrios musculares en la Fisioterapia del deporte es la dinamometría isocinética considerada como el “gold standard” para la evaluación de la fuerza muscular (Stark et al., 2011).

Dinamometría isocinética.

En el siglo XIX las evaluaciones musculares se realizaban mediante técnicas manuales que, a menudo eran complementadas con la observación de la marcha y la postura corporal. Ya en el siglo XX se desarrollaron métodos manuales estandarizados para la valoración muscular (Véliz, 2000). Paralelamente a la utilización de las pruebas manuales como valoración de la fuerza muscular, surgió la utilización de maquinaria con el objetivo de medir la carga desplazada por un grupo muscular, y así aparecieron avances como el dinamómetro de García Fraguas en el año 1897 o el dinamómetro de Zander en el año 1904. (Hislop y Perrine, 1967). La necesidad de encontrar un método de valoración objetivo hizo que surgieran las bases del método isocinético. Hislop y Perrine en el año 1967 establecen el ejercicio isocinético y definen la dinamometría isocinética como la técnica que estudia la fuerza muscular ejercida dinámicamente, en un rango de movimiento determinado y a una velocidad constante y programable. (Hislop y Perrine, 1967). Desde entonces, la evaluación isocinética se ha convertido en un método eficaz y válido para la evaluación del rendimiento muscular (Gear, 2011), además de extenderse a otros ámbitos de la rehabilitación (Adsuar et al., 2011), la

prevención (Ellenbecker et al., 2006), la valoración muscular y la investigación en las ciencias de la salud (Huesa, 2000). Mostrando una gran correlación con otros dinamómetros (Martin et al., 2006), además de una alta fiabilidad, validez y reproducibilidad (Feirin et al., 1990; Carvalho, 2011; Saenz, 2010). La resistencia variable y velocidad constante que proporciona esta técnica durante todo el arco articular (ROM), proporcionan a los sistemas isocinéticos una seguridad óptima y un elevado grado de precisión. Estas características lo convierten en el método más adecuado en deportistas con lesiones músculo-esqueléticas (Stark et al., 2011). En la actualidad los sistemas isocinéticos son ampliamente utilizados en deportistas de élite (Walden et al., 2011; Silva et al., 2006), permitiendo una evaluación de la efectividad de los protocolos de tratamientos utilizados en profesionales del deporte tras una reconstrucción del LCA (Terrerri, 1999; Lee et al., 2013).

Como se ha comentado anteriormente, los desequilibrios musculares en los deportistas están considerados como uno de los principales motivos de lesión (Croisier et al., 2002). Los músculos de la extremidad inferior juegan un papel importante en la función de la articulación de la rodilla. Mediante la valoración isocinética es posible detectar estos desequilibrios musculares entre el miembro dominante y no dominante, así como asimetrías en músculos homólogos (Croisier et al., 2008). Un buen balance muscular entre la musculatura extensora y flexora de la rodilla contribuirá al buen funcionamiento del LCA (Harter et al., 1988). La ratio funcional H/Q (H/Q) está considerado como el parámetro fundamental para determinar el retorno de los deportistas a la competición después de una intervención del LCA (Zhang et al., 2002; Hewett et al., 2005; Petersen et al., 2014).

Ratio H/Q.

La ratio H/Q (del inglés *Hamstrings/Quadriceps*), corresponde al valor resultante de la división entre el valor de la fuerza máxima en acción excéntrica de los isquiotibiales y la fuerza máxima del cuádriceps en acción concéntrica medida con un dinamómetro isocinético (Aagaard et al., 1998; Holcomb et al., 2007). La fuerza máxima isocinética

representa el valor máximo de la fuerza ejercida en un rango de movimiento de 0 a 90° de flexoextensión de rodilla (Tsepis et al., 2004). La relación entre los grupos musculares recíprocos es un indicador del equilibrio o desequilibrio muscular en torno a una articulación. La relación entre la musculatura flexora y extensora de la rodilla expresada a través de la ratio H/Q ha demostrado ser uno de los parámetros más importantes en la evaluación isocinética de la rodilla por delante de los parámetros de fuerza máxima (Campbell y Glein, 1982). Además, desde un punto de vista funcional, la ratio H/Q puede tener relación sobre el patrón de movimiento presente en las acciones que realiza un deportista durante el juego. En estas acciones, el equilibrio entre la musculatura flexora y extensora de una misma pierna ejerce como pieza clave para la protección del LCA (Aagaard et al., 1998; Diermann et al., 2009). La activación de la musculatura flexora en acción excéntrica es decisiva en la estabilización dinámica de la rodilla porque reduce la intensidad de los movimientos de varo, valgo e hiperextensión de la rodilla que provocan un aumento en las tensiones de cizallamiento y tracciones sobre ella (Osternig, 2000; Lloyd et al., 2005).

Diferentes autores han empleado la ratio H/Q con diferentes propósitos: para identificar posibles desequilibrios funcionales del músculo y la estabilidad de la rodilla en deportistas (Zakas et al., 1995), como valor a tener en cuenta en la prevención de un posible riesgo de lesión (Delextrat et al., 2010) o como indicador para la vuelta a la práctica deportiva (Graham y Lees, 2002). En este sentido, Dauty et al., afirman que una ratio H/Q inferior a 60% puede provocar lesiones tanto musculares como articulares en la rodilla (Dauty et al., 2003). Rahnama et al. apuntan como proporción óptima de la ratio H/Q entre el 41% y 81% (Rahnama et al., 2003) y Graham y Lees, 2002 indican que la proporción ideal de la ratio H/Q debería ser del 100% para retomar la actividad deportiva en plenas garantías, lo que indicaría que la musculatura flexora de la rodilla en acción excéntrica podría resistir tanta fuerza como la producida por la musculatura extensora en acción concéntrica (Graham y Lees, 2002).

Pese a la falta de consenso entre los autores consultados acerca del valor recomendable de la ratio H/Q, se acepta de manera universal 1) un valor patológico por debajo del 60% y (2) un valor óptimo comprendido entre un 60% y 80% (Calmels et al., 1997; Kannus, 1988; Rosene et al., 2001).

Como demuestra la literatura no queda definido un protocolo óptimo a utilizar durante la Rhb de una rotura del LCA, ni en cuanto a la conveniencia de utilizar un tratamiento conservador o quirúrgico. Por lo que respecta a nuestro conocimiento, tampoco existe un consenso respecto a las directrices que garanticen el retorno seguro de los deportistas a la competición tras una rotura del LCA. Sin embargo, la existencia de déficits musculares en las extremidades inferiores se ha identificado como un factor de riesgo que puede provocar una nueva rotura del LCA. La cuantificación de estos déficits puede determinar la aptitud e idoneidad de un deportista para regresar o no a la competición. Debido a las características de la muestra, en nuestro estudio elevamos el valor óptimo de la ratio H/Q a valores superiores al 80%. Al tratarse de deportistas de élite las cargas de entrenamiento y la mayor especialización del mismo, así como la mayor exigencia de la competición provocan la necesidad de obtener mayores valores de la ratio H/Q.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

La hipótesis de este trabajo fue que un tratamiento intensivo y multidisciplinar de 4 meses de duración para la Rhb del deportista de élite intervenido por rotura de LCA resulta eficaz para alcanzar una ratio H/Q superior al 80% y por tanto retomar la práctica deportiva con plenas garantías.

El objetivo del presente estudio fue comprobar la efectividad de un tratamiento de Rhb intensivo y multidisciplinar en deportistas de élite intervenidos de una rotura del LCA mediante una valoración isocinética en relación a la ratio H/Q y su correlación con la pérdida de fuerza muscular.

Los objetivos secundarios fueron investigar los efectos del programa de Rhb en relación a los siguientes parámetros:

- Pierna lesionada.
- Momento de valoración durante el transcurso del protocolo.
- Modalidad deportiva practicada.
- Género del deportista.
- Lesiones asociadas.
- Tipo de intervención quirúrgica utilizada para la reconstrucción del LCA.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

MATERIAL Y MÉTODOS.

Diseño del estudio.

El presente estudio fue diseñado cumpliendo con las recomendaciones de la *Consolidated Standards of reporting Trials Statements* (Altman, 2001), el Comité de Bioética e Investigación Clínica de la Universidad CEU Cardenal Herrera y las directrices éticas marcadas por la Declaración de Helsinki. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado (ver anexo 1) donde se detallaban los objetivos, las medidas utilizadas y una descripción de la intervención. Realizaron una entrevista individual donde se les informó en detalle del estudio y a continuación fueron evaluados por un médico especialista en medicina deportiva con una experiencia de más de 25 años. Todos ellos fueron asignados a un único grupo de tratamiento y no fueron aleatorizados debido a las características de la muestra, compuesta por deportistas de élite en activo de diferentes disciplinas, sujetos a contratos deportivos que acudían al centro de tratamiento con la intención de recuperarse lo antes posible de su lesión para retomar la competición, por lo que incorporar un grupo control o un grupo placebo no hubiera cumplido con las recomendaciones éticas.

Población de estudio.

La muestra inicial de este estudio estaba compuesta por un total de 214 potenciales participantes, todos ellos deportistas de élite en activo, pertenecientes a diferentes disciplinas, intervenidos quirúrgicamente para una reconstrucción del LCA. Los participantes fueron reclutados en el CERS (*Centre Européen de Rééducation du Sportif*) situado en Capbreton, (Francia) donde realizarían la Rhb tras la reconstrucción del LCA. La captación de participantes se llevó a cabo mediante la presentación del programa a través de charlas informativas realizadas por los propios investigadores y carteles informativos en los tableros de anuncios del centro. El estudio inició el reclutamiento en diciembre de 2009 y finalizó en junio de 2015. La figura 12 muestra el diagrama de flujo de los participantes a lo largo del estudio. Los sujetos interesados se ponían en contacto con el responsable del servicio de Rhb del centro para recibir información complementaria. Todos los participantes del presente estudio eran deportistas de élite pertenecientes a clubes deportivos que competían a nivel nacional e internacional en modalidad individual o por equipo.

Al tratar de definir deportista de élite, encontramos en la literatura cierta inconsistencia en relación a su definición, ya que esta se puede aplicar desde diferentes criterios. Según la revisión realizada por Swann y col. en 2015, en la cual analizan un total de 91 estudios referentes a deportistas de élite, la definición más ampliamente utilizada en la literatura, en un 67% de los estudios, establece que se considera a un deportista de élite a todo aquel deportista que compite a nivel nacional o internacional (Swann et al., 2015).

Los deportistas llegaban al centro por decisión propia o por recomendación de los clubes con los que mantenían un contrato deportivo, para someterse a un tratamiento intensivo y multidisciplinar con el objetivo de realizar una Rhb del LCA con garantías de éxito y conseguir así una vuelta a la competición segura y óptima. El deportista de élite se encuentra vinculado a ciertos matices que van más allá del deporte, tanto en lo referente a aspectos económicos, como sociales. Además del efecto

psicológico que provocan las lesiones en los deportistas de élite, estas también están asociadas, entre otras, a la posible pérdida de competiciones durante la temporada, a la pérdida de ayudas económicas en forma de becas al no lograr los resultados esperados, a la pérdida de contratos publicitarios y a una posible pérdida o no renovación del contrato de trabajo.

Criterios de inclusión

Todos aquellos posibles participantes que (1) permanecieran durante al menos 4 meses residiendo dentro del centro de rehabilitación CERS para realizar el proceso de Rhb, (2) que fueran deportistas de élite intervenidos quirúrgicamente para la reconstrucción del LCA y (3) que hubieran firmado el consentimiento informado, fueron incluidos en el estudio.

Criterios de exclusión

Todos aquellos posibles participantes que (1) hubieran sufrido algún tipo de lesión muscular o algún traumatismo en las extremidades inferiores no asociado al LCA durante las 2 semanas anteriores al estudio y que pudiera condicionar la evaluación muscular isocinética, (2) que presentaran antecedentes de fracturas en las extremidades inferiores durante los últimos 12 meses, y (3) que presentaran antecedentes de patologías neurológicas, neoplásicas o imposibilidad para realizar el protocolo de rehabilitación, fueron excluidos del estudio.

De los 214 potenciales participantes iniciales, 46 fueron excluidos del estudio al no cumplir los criterios de inclusión. La muestra final del estudio estaba compuesta por ciento sesenta y ocho sujetos (n=168). Durante su estancia en el centro, los participantes recibieron un tratamiento médico y fisioterápico, integrado en un equipo multidisciplinar conformado por profesionales de enfermería, psicólogos, nutricionistas y preparadores físicos y fisioterapeutas.

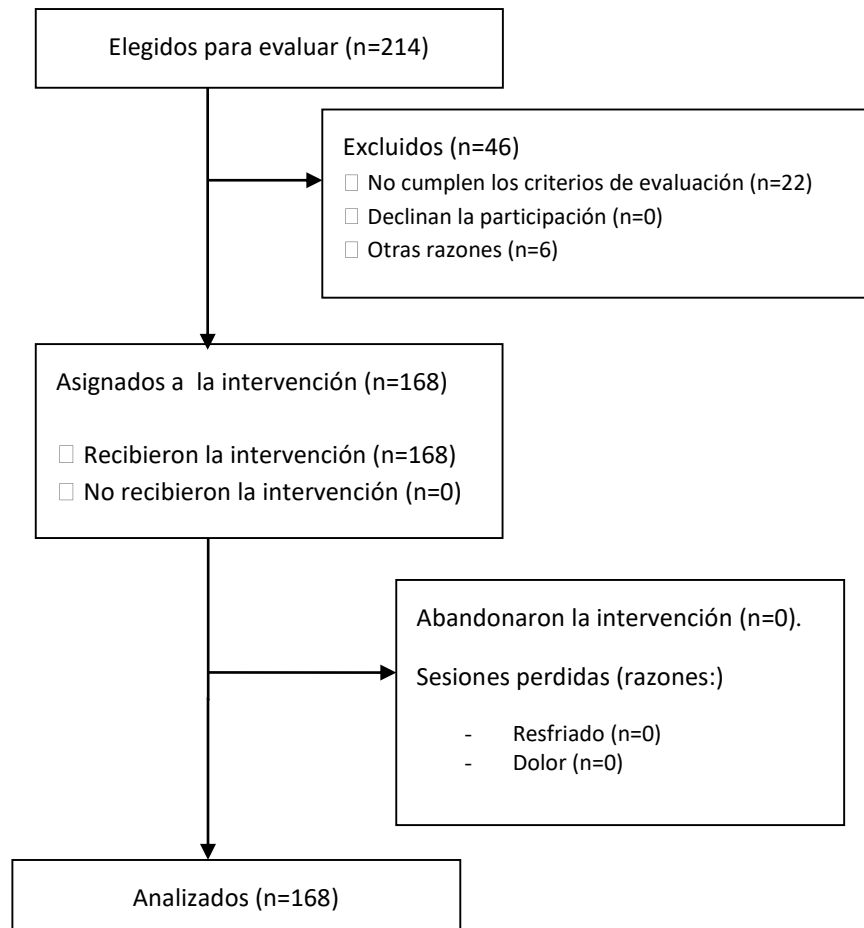


Figura 12. Diagrama de flujo del estudio.

Evaluación isocinética mediante el sistema Biodex 4

El sistema isocinético Biodex 4 (Biodex System 4, Biodex Medical Systems, NY, USA) (Figura 13) es un equipo ampliamente utilizado para la evaluación y rehabilitación del sistema osteomuscular. Ofrece la posibilidad de trabajar sobre diferentes articulaciones, tanto de miembro superior como miembro inferior y tronco. El Biodex 4 está formado por cuatro componentes: (1) Panel de control, (2) Dinamómetro, (3) Sillón y (4) Mueble.



Figura 13. Sistema isocinético Biodex 4.

El panel de control (Figura 14) está compuesto por un ordenador, un teclado, una impresora y un monitor táctil. El monitor proporciona información referente al

sujeto evaluado, a los protocolos (tanto de valoración como de tratamiento) y a los resultados obtenidos durante el proceso de evaluación. Al iniciar la sesión el evaluador realiza una revisión del sistema para asegurar que el dinamómetro y el software funcionan correctamente. A través del software que incorpora el equipo se selecciona la velocidad y los diferentes modos de trabajo durante la evaluación del sujeto (isocinético, pasivo, isométrico o excéntrico).



Figura 14. Panel de control.

El dinamómetro (Figura 15) tiene como función principal proporcionar un movimiento continuo a una velocidad constante acomodando la resistencia. Está compuesto por un brazo de palanca móvil y un dispositivo que actúa como sensor de la fuerza ejercida. El dinamómetro se encuentra situado dentro de un yugo y dispone de un mecanismo llamado barra, en el cual colocaremos los adaptadores para ajustar los brazos de palanca necesarios para cada articulación. Mediante un sistema hidráulico el dinamómetro puede elevarse o descender, pudiendo también rotar tanto en un plano horizontal como en un plano vertical. Esto posibilita la inclinación del eje hacia arriba o hacia abajo a partir de la posición horizontal. En la parte inferior del dinamómetro existen unos pedales que permiten moverlo en un plano horizontal de izquierda a derecha con respecto al sillón a través de una guía en la que está situado el dinamómetro (Figura 16).



Figura 15. Dinamómetro.

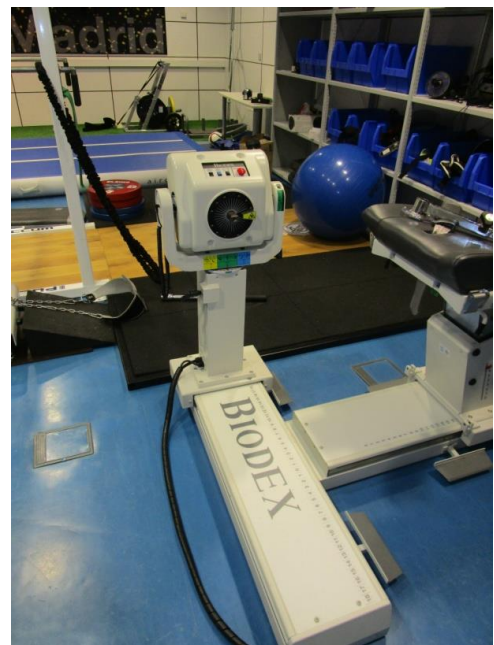


Figura 16. Dinamómetro y guía de desplazamiento.

Tanto en el eje del dinamómetro como en el extremo de los adaptadores existe un pequeño punto que proporciona una señal para el correcto alineamiento entre las dos

partes. Para asegurar una perfecta alineación entre los adaptadores y el eje de movimiento es necesario hacer coincidir los puntos de los dos extremos (Figura 17).

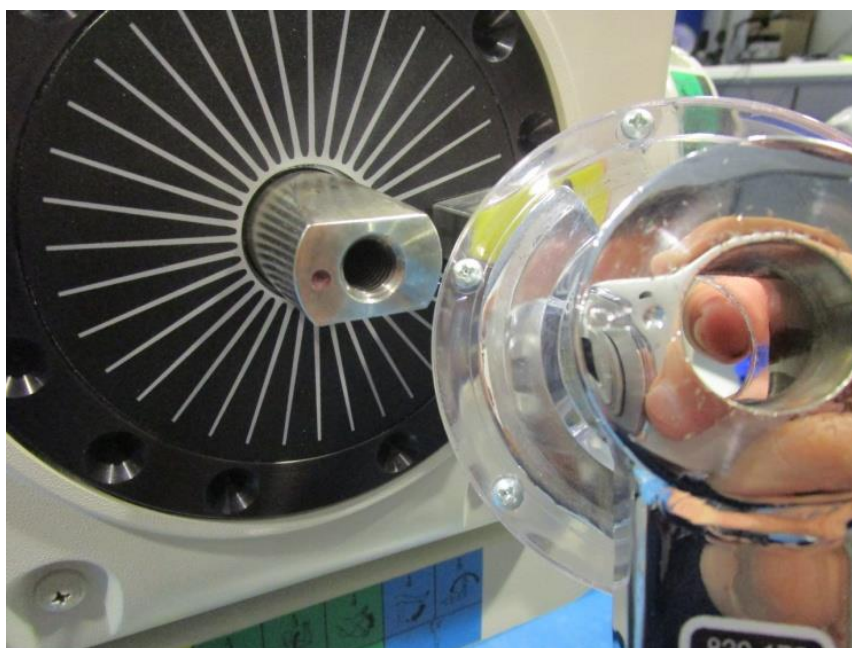


Figura 17. Eje del dinamómetro.

En la parte superior del dinamómetro existen cuatro botones para el control del eje del movimiento (Figura 18), el primero permite una rotación del eje en sentido de las agujas del reloj y el segundo en sentido contrario a las mismas; el tercero es el botón de pausa/acción, tiene como función detener la rotación del eje y sirve para detener la sesión en caso necesario y volver a reanudarla. Finalmente, el cuarto botón es el de confort, su activación provoca la parada inmediata del eje de rotación del dinamómetro permitiendo la posibilidad de finalizar instantáneamente el ejercicio. Existen otros dos botones de confort remotos que, mediante un cable, también pueden ser activados por parte del evaluador y que están situados el primero en la cara lateral del yugo y el segundo en el panel de control del sistema.

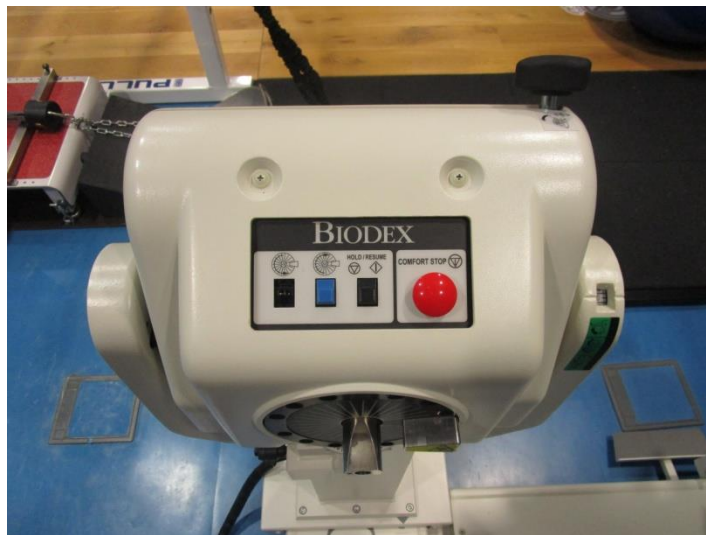
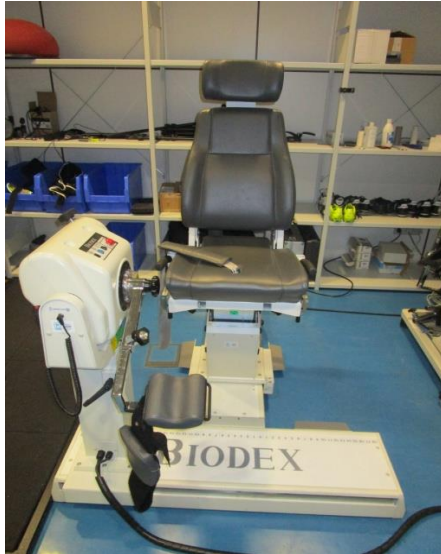


Figura 18. Botones de control.

En cada una de las estructuras anteriormente citadas, a través de las cuales se mueve el dinamómetro, existen unas escalas numéricas y de colores que nos permiten cuantificar su posición.

El sillón (Figuras 19 y 20). Es un asiento con un soporte cervical. En su base dispone de unos dispositivos que nos permiten modificar su situación desplazándolo de delante a atrás, regular su altura y rotar sobre su eje 360°. El respaldo es ajustable como plano inclinado con cinco posibilidades, permitiendo un ángulo desde 0° (posición horizontal) hasta 85°. Para asegurar la fijación del sujeto, el sillón dispone de unas correas estabilizadoras situadas en su estructura. En el caso de la rodilla, dispone de cuatro correas, una en la zona pélvica, dos para fijar los hombros y el tronco y otra para la fijación del muslo. La correa de fijación de la zona pélvica discurre de un lado a otro del asiento anclándose en sus laterales. Las correas de fijación de los hombros y el tronco bajan en diagonal desde la parte más alta del respaldo para anclarse en la base del mismo. La fijación del muslo está garantizada mediante una correa que sale desde el centro del asiento en su parte más distal y se fija en el lateral del mismo. En los laterales del asiento existen unas barras de agarre que se utilizan para que el sujeto evaluado se

agarre a ellas en el momento de realizar la prueba con el objetivo de conseguir más estabilidad.



Figuras 19 y 20. Sillón.

El mueble tiene como función guardar los soportes y accesorios necesarios que permiten adaptar y ajustar los brazos de palanca del dinamómetro a la articulación a valorar (Figura 21).

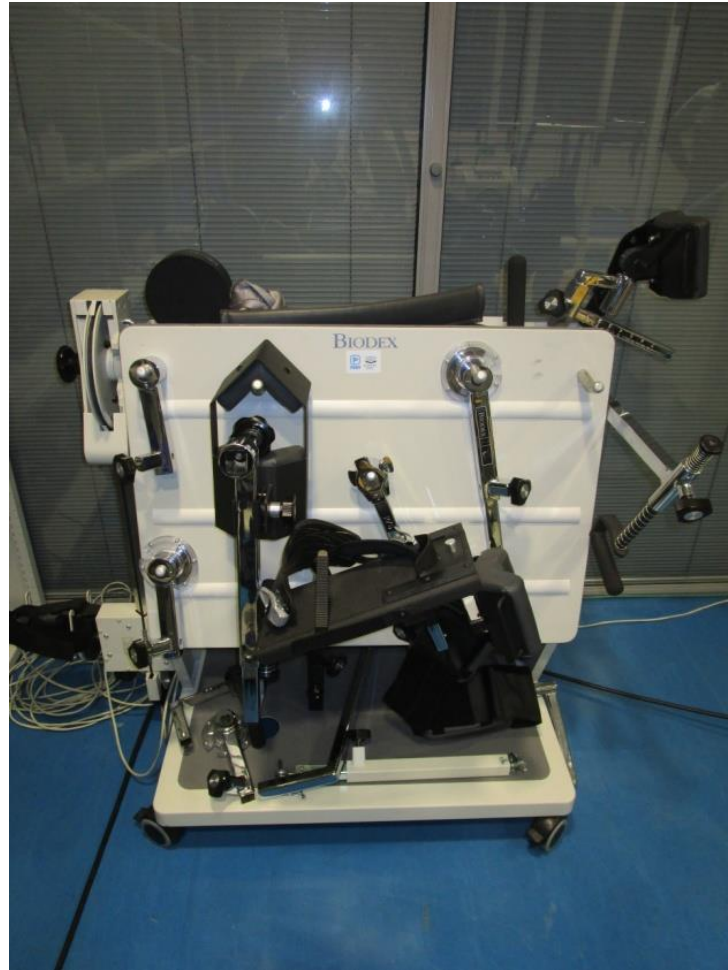


Figura 21. Mueble.

Protocolo de valoración.

Dos fisioterapeutas (FT) del centro CERS con 15 años de experiencia en la valoración y tratamiento de patologías de miembros inferiores con el dinamómetro Biodex System 4, siendo ambos ajenos al proceso de reclutamiento, entrevista y protocolo de Rhb de los participantes, realizaron todas las valoraciones. Los evaluadores desconocían todos los datos relacionados con el desarrollo del protocolo, incluido el grado de implicación, la adherencia y el comportamiento del participante durante la realización del protocolo de Rhb.

Las valoraciones se realizaron en una sala amplia correctamente climatizada y ventilada, la superficie de la sala estaba completamente plana sin alteraciones en el pavimento que pudiera ocasionar desniveles. Durante las pruebas, el evaluador estaba situado junto al sujeto y al soporte informático asociado al sistema Biodex 4 de manera que pudiera accionar fácilmente el botón de marcha. Para eludir posibles restricciones de movimientos e incomodidades durante el transcurso de la prueba, no se permitió que los participantes utilizaran prendas ajustadas y poco flexibles, de esta manera realizaron la prueba con indumentaria deportiva, pantalón corto, camiseta y calzado deportivo como muestra la figura 22.



Figura 22. Indumentaria.

Previamente a la realización de la prueba, a los participantes se les dio instrucciones de no comer por lo menos en 2 horas antes de la evaluación y de no hacer un ejercicio intenso durante el día anterior y el mismo día de la evaluación. La evaluación isocinética se inició realizando un calentamiento en una habitación contigua a la sala de valoración, provista de maquinaria e instrumentos necesarios para su correcta realización. El protocolo de calentamiento tuvo una duración aproximada de 30 minutos divididos en cuatro fases. Durante la primera fase, los participantes realizaron 5 minutos de ejercicio sobre una bicicleta estática Technogym RECLINE 600 XT PRO (Technogym S.P.A. Cesena FR) a una velocidad de 90 revoluciones por minuto, seguidos de 5 minutos de ejercicios sobre un Step Technogym EXCITE+Step MD (Technogym S.P.A. Cesena FR) a intensidad moderada-baja. (Figuras 23 y 24).



Figura 23. Bicicleta estática.



Figura 24. Máquina de Step.

Durante la segunda fase del calentamiento, los participantes realizaron 2 series de 10 repeticiones de extensión de rodilla cada una, sobre una máquina de press de cuádriceps Technogym LEG PRESS MED (Technogym S.P.A. Cesena FR) y 2 series de 10

repeticiones cada una sobre una silla de Isquiotibiales 7371 Design Corporel. (aleo industrie. Salome FR) (Figuras 25 y 26).



Figura 25. Máquina de press de cuádriceps.



Figura 26. Máquina de isquiotibiales.

Durante la tercera fase del calentamiento, los participantes realizaron auto-estiramientos activos/dinámicos de los principales grupos musculares involucrados durante la evaluación isocinética de las extremidades inferiores (Cuádriceps,

Isquiotibiales y Gemelos) supervisados por el evaluador. Para finalizar el calentamiento, durante la cuarta fase, los sujetos realizaron 5 minutos de bicicleta estática a una velocidad de 90 revoluciones por minuto, tal y como se describe en la primera fase del calentamiento.

Una vez finalizado el calentamiento, se acomodó a los participantes en el sistema Biodex 4, previamente calibrado. Con el fin de obtener la máxima fiabilidad de los resultados durante la evaluación, se siguió un riguroso protocolo ampliamente descrito en la literatura ([Ozcakar et al., 2003](#); [Saenz et al., 2010](#); [Otten et al., 2013](#); [Jordan et al., 2015](#)). Los miembros de la prueba permanecían sentados en la silla del dispositivo, con la espalda reposando sobre el respaldo de la silla situado en una posición de flexión de 85°, mientras que la rodilla del participante permanecía en una posición de 90° de flexión. Mediante la palpación de la cara externa de la rodilla el evaluador localizó el cóndilo externo del fémur y se hizo coincidir este punto anatómico con el eje del dinamómetro. A continuación, se alineó el eje longitudinal de la pierna con el brazo de palanca, situando la resistencia del sistema en el tercio distal de la pierna a 3 cm por encima del maléolo tibial. (Figura 27)



Figura 27. Colocación del paciente.

Seguidamente se estableció la amplitud de movimiento. El ROM de la rodilla quedó establecido de 0° a 90° de flexo-extensión. Con el fin de evitar compensaciones durante la realización de la prueba se cinchó a los evaluados en la región torácica, pélvica y tercio distal del muslo. Después de ajustar el ROM articular se procedió a corregir el componente de la gravedad, para ello se pidió a los participantes que no ejercieran resistencia alguna sobre el brazo del dinamómetro que estaba posicionado en una angulación de 30° .

Una vez finalizada la fase de acomodación, los sujetos recibieron instrucciones claras y precisas acerca de las características de la prueba. Además, con el objetivo de evitar posibles problemas durante la realización de la prueba, el evaluador les indicó los protocolos de seguridad y les mostró la ubicación de los botones de paro en caso de emergencia. Estas instrucciones se complementaban con información orientada a

conseguir el máximo esfuerzo posible en cada repetición, cómo se debía realizar una repetición completa, el número de repeticiones de la prueba, la velocidad de ejecución y la posición que debía adoptar la extremidad contralateral.

Antes de empezar la prueba y con el objetivo de familiarizar al participante con la prueba, se les permitió realizar todas las repeticiones que consideraron necesarias en cada una de las velocidades y acciones musculares de las que se componía la prueba. Durante este proceso de familiarización, los miembros de la prueba se sujetaron firmemente de los mangos situados en los lados de la silla. En la acción concéntrica se les pidió que empujaran el brazo de palanca durante la extensión y tiraran durante la flexión tan fuerte como fuera posible. En la acción excéntrica los participantes fueron instruidos para resistir el brazo de palanca durante la extensión y en la flexión tan fuerte como fuese posible. Una vez finalizado el periodo de familiarización con la prueba, la evaluación se inició con acciones concéntricas para pasar a evaluar después las acciones excéntricas.

La valoración se inició en el momento que los sujetos se sintieron en condiciones de realizar la prueba, para ello permanecían manteniendo la posición de 90° de flexión de cadera y rodilla, durante al menos 3 segundos, momento en el que el sistema Biodex se ponía en marcha mediante una señal acústica que indicaba el inicio de la prueba. Cada participante realizó 6 flexoextensiones máximas en acción concéntrica con la pierna sana a una velocidad de 90°/seg. Tras finalizar las 6 repeticiones y después de un reposo de 45 segundos. Los participantes realizaron 15 flexo-extensiones máximas a una velocidad de 240°/seg. Una vez terminada la evaluación de la pierna sana se pasó a evaluar la pierna intervenida. Para ello el evaluador modificó el emplazamiento del dinamómetro, desplazándolo a través de la guía y situándolo en el lado contrario haciendo coincidir el eje de rotación con el cóndilo externo del fémur de la pierna intervenida. Seguidamente, estableció el mismo ROM que en el registro anterior con la pierna sana, y para evitar compensaciones durante la realización de la prueba retiró la cincha del tercio distal del muslo y cinchó la pierna intervenida. El evaluador alineó el

eje longitudinal de la pierna con el brazo de palanca, situando la resistencia del sistema en el tercio distal de la pierna a 3 cm por encima del maléolo tibial. Después de ajustar el ROM procedió a corregir el componente de la gravedad, para ello le pidió al participante que no ejerciera resistencia alguna sobre el brazo del dinamómetro posicionado en una angulación de 30°. Concluidas las modificaciones, el evaluador paso a realizar el mismo protocolo de ejercicios con la pierna intervenida. Entre una evaluación y otra se respetó un tiempo de 5 minutos de reposo que el examinador aprovechó para cambiar y ajustar la ubicación del dinamómetro.

Una vez finalizada la evaluación en acción concéntrica se pasó a evaluar la acción excéntrica. El evaluador siguió el mismo protocolo de actuación en cuanto a la acomodación de los participantes pero a diferencia de la prueba anterior se les evaluó bilateralmente realizando dos series de 6 flexo-extensiones máximas a una velocidad de 90°/seg. para cada pierna. En cada una de las dos repeticiones únicamente se examinó un grupo muscular, en la primera repetición se evaluó la musculatura flexora y en la segunda la extensora.

Durante la realización de la prueba, el evaluador incentivo y alentó verbalmente a los participantes. Los estímulos verbales utilizados fueron iguales para todos los examinados quedando estandarizados para todas las evaluaciones utilizando palabras clave como “¡fuerte!”, “¡arriba!” y “¡abajo!”. La duración de la intervención fue de aproximadamente 30 minutos.

Seguridad.

Con el objetivo de salvaguardar en todo momento a los participantes del estudio de cualquier anomalía que pudiera ocurrir durante la realización de la valoración, existe, como se muestra en la figura 27, un botón de color rojo en el dinamómetro que al ser accionado por el evaluado provoca la parada inmediata y la interrupción instantánea de la prueba. Además el evaluador, mediante un cable, tiene al alcance dos botones que

también pueden ser activados por este ante cualquier situación inesperada que provocara la imposibilidad de completar la prueba. (Figura 28).



Figura 27. Botón de paro.

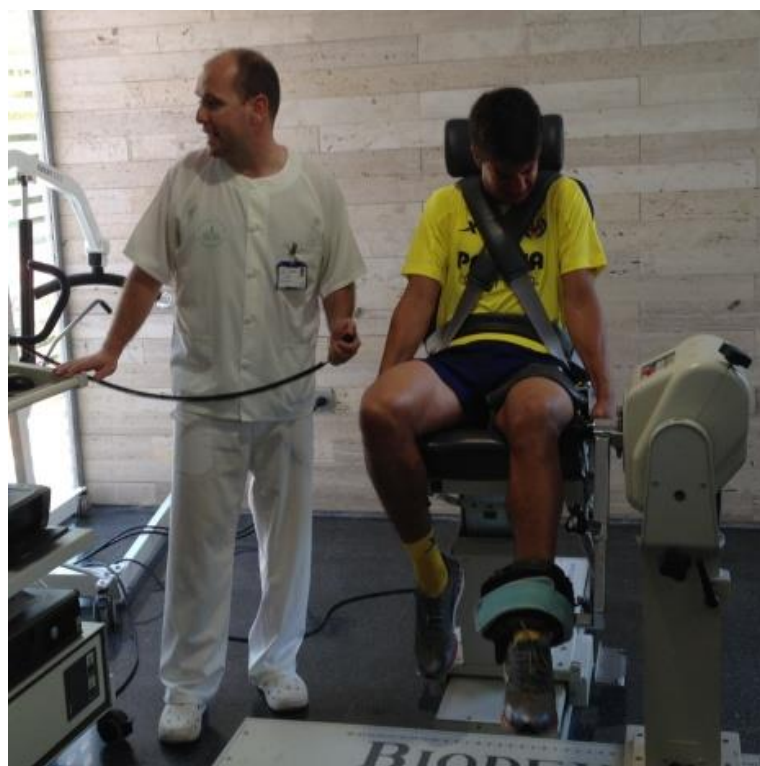


Figura 28. Cable de paro de seguridad.

Puntuación.

Una vez realizada la valoración, los parámetros obtenidos en la prueba quedaron guardados en el sistema informático del Biodex 4 para su posterior análisis. El software Biodex 4 recoge y almacena datos en tiempo real. Todos los parámetros que proporciona el equipo se detallan a continuación.

Parámetros de la evaluación isocinética.

-Pico del Par

Indica el valor de fuerza máxima muscular producida durante toda la valoración. También se le denomina par máximo o fuerza máxima. También se puede determinar para cada repetición dentro del conjunto de las repeticiones. Expresado en Newtons por metro (N/m).

-Pico par/peso

Representa un porcentaje normalizado, calculado por el propio dinamómetro, entre el peso corporal en comparación con la fuerza máxima alcanzada. Al tratarse de un tanto por ciento, la medida viene expresada en porcentaje (%).

-Tiempo del pico par

Es una medida que señala el tiempo transcurrido desde el inicio de una contracción muscular hasta el punto en el que desarrolla el pico del par. Este valor es un indicador de la capacidad funcional de los músculos para producir la fuerza máxima rápidamente. Expresado en milisegundos (ms).

-Ángulo del pico par

Se define como el ángulo en el ROM donde se produce el par máximo. Este valor también se toma de la repetición con el par máximo. Expresado en grados (°).

-Par a 60°

Este valor se calcula a partir de la repetición con valor máximo de pico en un ángulo preestablecido en la memoria ROM. Este punto en el ROM se puede restablecer en el software para evaluar otros ángulos según sea necesario. Expresado en Newtons por metro (N/m).

-Par a 0,18 segundos

Representa la cantidad de fuerza desarrollada en este momento. Este valor puede modificarse en el software según sea necesario. Expresado en Newtons por metro(N/m).

-Coeficiente de variación

Señala la diferencia expresada en porcentaje entre la repetición con el valor más alto de fuerza máxima y la de menor valor.

-Trabajo total repetición máxima

Se define como la producción total de la fuerza muscular de la repetición con la mayor cantidad de trabajo. Expresado en Julios (J).

-Número de repetición con trabajo máximo

Representa el número de la repetición en la que se ha conseguido la máxima cantidad de trabajo durante la prueba. Se utiliza para determinar si la mayor parte del trabajo se ha conseguido al principio o al final de la prueba.

-Trabajo/Peso corporal

Relación entre el trabajo en relación al peso corporal. Se muestra como un porcentaje de la repetición con mayor valor de trabajo total y el peso corporal del sujeto evaluado.

-Trabajo total

La cantidad de trabajo realizado durante toda la prueba. Representa la capacidad del músculo para mantener un par alto durante toda la valoración. Expresado en Julios (J).

-Trabajo primer tercio/ trabajo último tercio

Relación entre el trabajo producido en el primer tercio y el último tercio de la prueba. Expresado en Julios (J).

-Fatiga al trabajo

Proporción de la diferencia del trabajo entre el primer y último tercio. Es un parámetro que nos permite conocer el progreso durante el entrenamiento de resistencia para detectar la cantidad de fatiga durante la prueba. Expresado en porcentaje.

-Potencia media

Facilita información acerca de la intensidad del ritmo de trabajo. La potencia representa la rapidez con que un músculo puede producir fuerza. Expresado en Watios (W).

-Tiempo de aceleración

Tiempo total utilizado para llegar a velocidad isocinética. Indica la capacidad muscular que permite llevar la extremidad desde una posición de reposo hasta la velocidad isocinética. Expresado en milisegundos (ms).

-Tiempo de deceleración

El tiempo total para pasar de una velocidad isocinética a una velocidad cero. Indica una capacidad muscular para controlar el movimiento excéntricamente cuando se aproxima al final del movimiento. Expresado en milisegundos (ms).

-Rango de movimiento

Máxima amplitud de movimiento de la articulación lograda durante la prueba. Expresado en grados (°).

-Pico par promedio máximo

Valor de la media de los picos pares de todas las repeticiones. Expresado en Newtons por Metro(N/m).

-Razón agonista/antagonista

Relación existente entre el valor del pico par máximo de la musculatura agonista dividida por el valor del pico par máximo de la musculatura antagonista. Expresado en grados (°)

Informes gráficos de evaluación.

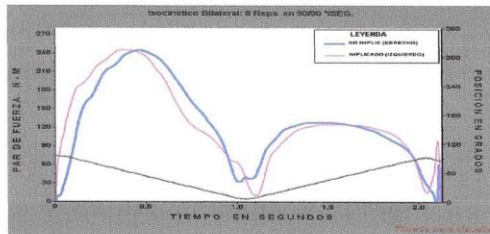
-Informe de evaluación gráfica.

En la parte superior del documento (Figura 29) aparecen tres columnas. La primera hace referencia a los datos referentes al evaluado: Nombre, identificación en la prueba, fecha de nacimiento, altura, peso y sexo. La segunda columna muestra datos acerca de la fecha de realización de la prueba, lado de la pierna implicada, nombre de la persona que realiza la prueba, lado de la articulación implicada y el diagnóstico. En la tercera columna se observa el protocolo de valoración realizado, el movimiento de la articulación valorado, el modo de contracción y tipo de acción muscular evaluada. A continuación aparecen los informes gráficos de evaluación divididos en dos columnas, en la de la izquierda están representados los valores que proporcionan los datos gráficos de la valoración realizada a 90°/seg, mientras que en la derecha quedan representados los valores a una velocidad de 240°/seg. En la parte superior de los cuadros que enmarcan la gráfica quedan reflejados los valores referentes a la prueba: valoración

isocinética bilateral, número de repeticiones y velocidad empleada. La gráfica de la izquierda representa la musculatura extensora de la rodilla mientras que la de la derecha representa la flexora. La gráfica de la pierna implicada aparece en rojo. Las líneas de los gráficos señalan el movimiento en cada acción muscular, flexión y extensión, siendo el pico de cada curva el punto de mayor pico del par (fuerza máxima). En los diagramas de sector muestran la comparación del valor del pico par entre los músculos de la extremidad implicada y la no implicada expresados en %, tanto para el movimiento de flexión como el de extensión. Los déficits de la pierna implicada con respecto a la no implicada se muestran en rojo. Si por el contrario la pierna implicada ofrece unos valores de pico par más elevados que la no implicada quedan reflejados en verde. Las gráficas de barra comparan los valores máximos de fuerza en relación con el peso del evaluado.

Evaluación Gráfica

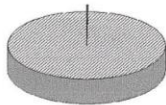
Nombre: **[REDACTED]** Sesión: **25/04/2013 15:10:24** Filtro: **Ninguno**
 ID: **DO** Implicado: **[REDACTED]** Protocolo: **Isocinético Bilateral**
 Nacido: **28/02/1985 (dd/MM/yyyy)** Terapeuta: **[REDACTED]** Movimiento: **Extensión/Flexión**
 Altura: **1.80** Referente: **[REDACTED]** Modo: **Isocinético**
 Peso: **72.0** Articulación: **Rodilla** Contracción: **CON/CON**
 Sexo: **Varón** Diagnóstico: **[REDACTED]** EG: **25 N-M en 4 Ángulo EG**



EXTENSIÓN

Fuerza

0.2 %

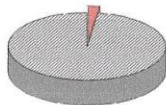


90 °/SEG.

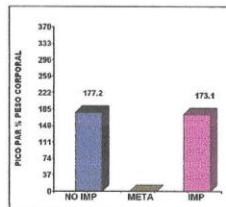
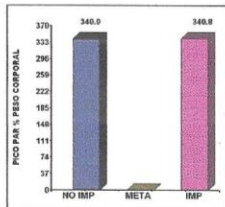
FLEXIÓN

Déficit

2.3 %



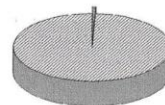
90 °/SEG.



EXTENSIÓN

Fuerza

0.7 %

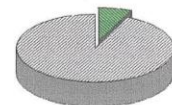


240 °/SEG.

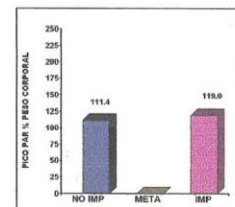
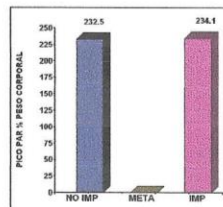
FLEXIÓN

Fuerza

6.8 %



240 °/SEG.



Comentarios:

PICO PAR: Máxima fuerza muscular en cualquier momento durante una repetición. Indicativo de la capacidad de la fuerza muscular.
PICO PAR/PESO: Representa un porcentaje normalizado por el peso corporal y comparado con la meta establecida.
DÉFICITS: 1 to 10%. Ninguna diferencia significativa entre las extremidades.
 11 to 25%. Se recomienda rehabilitación para mejorar el equilibrio del ejercicio muscular.
 > 25%. Diferencia Funcional Significativa
 (-) Déficit Negativo indica actividad de la extremidad implicada mejor que la otra

Figura 29. Informe de evaluación gráfica.

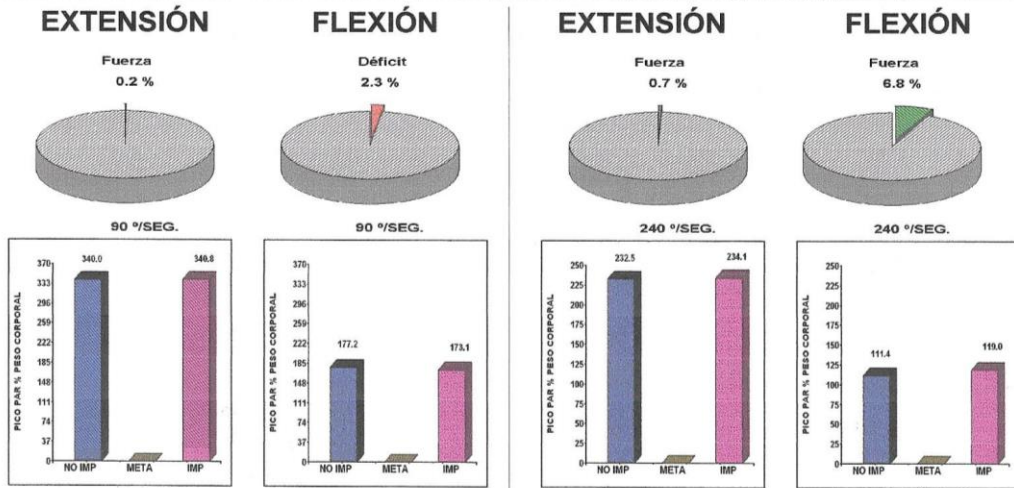
-Informe de evaluación general.

El informe de evaluación general (Figura 30) también incluye los diagramas de sectores y de barras y señala, mediante una tabla, valores numéricos. Estos valores incluyen información acerca de: el pico par, pico par en relación con el peso, trabajo total, potencia, trabajo total realizado en la repetición máxima, tiempo de aceleración y de deceleración, ROM y la proporción agonista-antagonista para cada una de las velocidades empleadas. En la tabla también se muestran columnas donde aparecen los déficits entre la pierna implicada y la no implicada. Los valores de la pierna implicada que señalan déficits con respecto a la no implicada se muestran en rojo mientras que si, por el contrario, los valores más elevados aparecen en esta misma pierna los valores se muestran en verde.

Evaluación General

Nombre: **Manuel Baragán** Sesión: **25/04/2013 15:10:24** Filtro: **Ninguno**
 ID: **DO** Implicado: **Ninguno** Protocolo: **Isocinético Bilateral**
 Nacido: **28/02/1985 (dd/MM/yyyy)** Terapeuta: Movimiento: **Extensión/Flexión**
 Altura: **1.80** Referente: Modo: **Isocinético**
 Peso: **72.0** Articulación: **Rodilla** Contracción: **CON/CON**
 Sexo: **Varón** Diagnóstico: EG: **25 N-M en 4 Ángulo EG**

	EXTENSIÓN 90 °/SEG.			FLEXIÓN 90 °/SEG.			EXTENSIÓN 240 °/SEG.			FLEXIÓN 240 °/SEG.			
	NO IMPLICADO	IMPLICADO	DÉFICIT	NO IMPLICADO	IMPLICADO	DÉFICIT	NO IMPLICADO	IMPLICADO	DÉFICIT	NO IMPLICADO	IMPLICADO	DÉFICIT	
# DE REPS (90/90): 6													
# DE REPS (240/240): 15													
PICO DEL PAR	N-M	243.9	244.4	-0.2	127.1	124.2	2.3	166.8	167.9	-0.7	79.9	85.4	-6.8
PICO PAR/PESO	%	340.0	340.8		177.2	173.1		232.5	234.1		111.4	119.0	
TRAB TOT REP MAX	J	266.8	260.5	2.3	159.6	144.7	9.3	192.7	195.9	-1.7	97.9	98.6	-0.8
COEFF. OF VAR.	%	5.0	4.2		3.9	3.6		15.3	14.2		10.3	5.3	
POTENCIA MEDIA	W	250.7	237.7	5.2	140.9	135.5	3.8	320.6	328.7	-2.5	168.9	170.7	-1.1
TRABAJO TOTAL	J	1526.7	1435.7	6.0	873.5	790.0	9.6	2311.3	2436.0	-5.4	1264.9	1314.5	-3.9
TIEMPO ACCELERACIÓN	mseg	80.0	20.0		40.0	50.0		60.0	50.0		100.0	100.0	
TIEMPO DECELERACIÓN	mseg	80.0	120.0		80.0	40.0		120.0	150.0		90.0	100.0	
RANGO DE MOV.	°	89.3	89.2		89.3	89.2		88.7	89.0		88.7	89.0	
PICO PAR PROM MAX	N-M	229.6	233.8		120.7	119.0		136.0	141.4		69.4	74.8	
RAZÓN AGONI/ANTAG	%	52.1	50.8	G: N/A				47.9	50.8	G: N/A			



Comentarios:

PICO PAR: Máxima fuerza muscular en cualquier momento durante una repetición. Indicativo de la capacidad de la fuerza muscular.
PICO PAR/PESO: Representa un porcentaje normalizado por el peso corporal y comparado con la meta establecida.
TRAB TOT REP MAX: Fuerza muscular total para la repetición con mayor cantidad de trabajo. El trabajo es indicativo de la capacidad del músculo para producir fuerza a lo largo del Rango de Movimiento.
POTENCIA MEDIA: Trabajo total dividido por el tiempo. La potencia representa como de rápido un músculo puede producir fuerza.
TIEMPO ACCELERACIÓN: Tiempo total para alcanzar la velocidad isocinética. Indicativo de la capacidad neuromuscular para mover la extremidad al comienzo del Rango de Movimiento.
TIEMPO DECELERACIÓN: Tiempo total para ir desde la velocidad isocinética a velocidad cero. Indicativo de la capacidad neuromuscular para controlar la extremidad excéntricamente al final del Rango de Movimiento.
RAZÓN AGONI/ANTAG: La razón del grupo muscular recíproco. Desequilibrios excesivos pueden predisponer a lesiones de la articulación.
DÉFICITS: 1. o 10%. Ninguna diferencia significativa entre las extremidades.
1 a 10%: En porcentaje normalizado para obtener el resultado del análisis muscular.

Figura 30. Informe de evaluación general.

-Informe de evaluación detallada.

A diferencia de las otras dos evaluaciones, la evaluación detallada (Figura 31) viene dada en 4 documentos uno a la velocidad de 90°/seg. y otro a 240°/seg. para las acciones concéntricas y otros 2 para las acciones excéntricas. En la figura 32 únicamente se muestra, a modo de ejemplo, un informe gráfico a una velocidad de 90°/seg. en una acción concéntrica de flexoextensión de la rodilla. Cada uno de estos 4 informes representan, mediante una tabla, datos numéricos para 20 parámetros y muestran una gráfica del estudio realizado. Los valores numéricos incluyen: el pico del par de fuerzas, pico par en relación al peso, tiempo del pico par, ángulo del pico par, par a 60°, coeficiente de variación, trabajo total en la repetición máxima, número de la repetición con trabajo máximo, trabajo en relación al peso, trabajo total, trabajo primer tercio/trabajo último tercio, fatiga, potencia media, tiempo de aceleración, tiempo de deceleración, rango de movimiento, promedio del pico par y la razón agonista/antagonista. A diferencia de los informes generales y gráficos que sólo muestran datos de las acciones concéntricas los datos de la evaluación detallada hacen referencia a cada una de las acciones musculares, incluyendo en el informe, valores de las acciones excéntricas de la musculatura flexora y extensora de la rodilla.

Evaluación Detallada

Nombre: Agustín Barrachilla	Sesión: 25/04/2013 15:10:24	Filtro: Ninguno
ID: DO	Implicado: Ninguno	Protocolo: Isocinético Bilateral
Nacido: 28/02/1985 (dd/MM/yyyy)	Terapeuta:	Movimiento: Extensión/Flexión
Altura: 1.80	Referente:	Modo: Isocinético
Peso: 72.0	Articulación: Rodilla	Contracción: CON/CON
Sexo: Varón	Diagnóstico:	EG: 25 N-M en 4 Ángulo EG

		EXTENSIÓN 90 °/SEG.			FLEXIÓN 90 °/SEG.		
Nº DE REPS: Derecho 6		NO IMPLIC	IMPLICADO	DÉFICIT	NO IMPLIC	IMPLICADO	DÉFICIT
Nº DE REPS: Izquierdo 6		DERECHO	IZQUIERDO		DERECHO	IZQUIERDO	
PICO DEL PAR	N-M	243.9	244.4	-0.2	127.1	124.2	2.3
PICO PAR/PESO	%	340.0	340.8		177.2	173.1	
TIEMPO DEL PICO PAR	mseg	470.0	360.0		410.0	440.0	
ÁNGULO DEL PICO PAR	°	56.0	56.0		41.0	40.0	
PAR A 30.0 °	N-M	161.0	157.0	2.5	123.8	122.0	1.5
PAR A 0.18 SEG.	N-M	162.9	201.8	-23.9	111.5	103.9	6.8
COEFF. OF VAR.	%	5.0	4.2		3.9	3.6	
TRAB TOT REP MAX	J	266.8	260.5	2.3	159.6	144.7	9.3
Nº REP TRABAJO MAX	Nº	2	2		2	6	
TRABJ/PESO CORPORAL	%	371.9	363.2		222.4	201.7	
TRABAJO TOTAL	J	1526.7	1435.7	6.0	873.5	790.0	9.6
TRABAJO PRIMER TERCIO	J	527.5	473.1		297.1	258.2	
TRABAJO ÚLTIMO TERCIO	J	477.5	477.1		277.4	277.0	
FATIGA AL TRABAJO	%	9.5	-0.8		6.6	-7.3	
POTENCIA MEDIA	W	250.7	237.7	5.2	140.9	135.5	3.8
TIEMPO ACELERACIÓN	mseg	80.0	20.0		40.0	50.0	
TIEMPO DECELERACIÓN	mseg	60.0	120.0		80.0	40.0	
RANGO DE MOV.	°	89.3	89.2		89.3	89.2	
PICO PAR PROM MAX	N-M	229.6	233.8		120.7	119.0	
RAZÓN AGON/ANTAG	%	52.1	50.8	G: N/A			

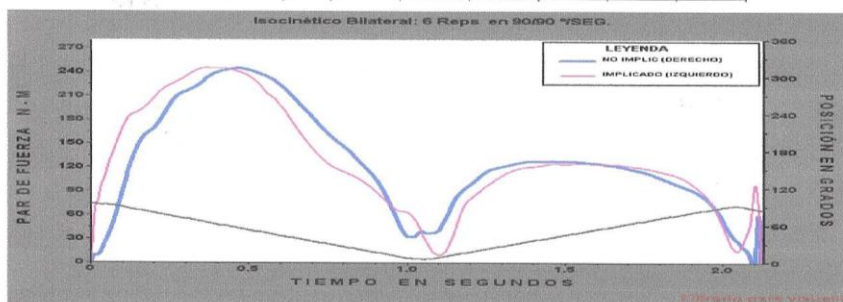


Figura 31. Informe de evaluación detallada.

Protocolo de Rehabilitación LCA.

Actualmente se utilizan protocolos de Rhb del LCA mucho más agresivos que los que se utilizaban anteriormente, con el objetivo de restablecer actividad funcional que tenía el sujeto antes de la lesión, disminuyendo el tiempo de recuperación (Wilk et al., 2012). Los avances en las técnicas quirúrgicas han permitido el desarrollo de los nuevos protocolos de Rhb. A pesar de ello, el retorno deportivo continua estando supeditado al proceso biológico de integración del injerto o “ligamentación”, que no se modifica con los actuales métodos de cirugía o Rhb (Sanchez et al., 2009). Los antiguos protocolos limitaban la movilidad impidiendo un apoyo precoz que obligaba a prolongar el uso de ayudas técnicas para la marcha. En 1990 Shelbourne y Niz desarrollaron un nuevo protocolo de rehabilitación sentando las bases de los actuales programas de rehabilitación del LCA (Shelbourne y Niz 1990). Gracias a estos nuevos programas, el regreso a la competición deportiva oscila desde los 6 a los 8 meses como apunta Wilk y col. (Wilk et al., 2012). Estudios posteriores confirman que el programa de Rhb propuesto por Shelbourne y Niz es un protocolo eficaz, seguro y que permite la incorporación del sujeto a sus actividades más rápidamente (Van Grinsven et al., 2010; Chaler et al., 2001; Sanchez et al., 2009).

Los participantes de nuestro estudio fueron sometidos a un tratamiento intensivo y multidisciplinar de Rhb para pacientes intervenidos de LCA. La duración del tratamiento realizado en el CERS fue de 4 meses. Al tratarse de deportistas de élite, los participantes acudieron al centro en el periodo que los servicios médicos de sus clubs de procedencia consideraron oportuno. Realizando el tratamiento en un periodo concreto dentro del proceso de Rhb. El protocolo estaba dividido en fases, cada participante realizó un total de 10 sesiones a la semana, repartidas en horarios de mañana y tarde. La duración de cada sesión fue de 4 horas, siendo el número de horas diarias de 8. Por lo tanto, el periodo de tratamiento en el centro fue de 4 meses pero cada deportista realizó el protocolo en una determinada fase. Al finalizar la estancia en el centro los participantes fueron evaluados isocinéticamente con el fin de recoger datos

para objetivizar el estado del valor de la ratio H/Q. Las fases del protocolo fueron adaptadas al procedimiento de ligamentación de la plastia y a la tolerancia de cada deportista. (Beynnon et al., 2011; Janssen, 2013).

Intervención.

La intervención se llevó a cabo por un equipo multidisciplinar de trabajo que estaba compuesto por médicos especialistas en medicina deportiva, médicos rehabilitadores, fisioterapeutas, preparadores físicos, enfermeros, psicólogos y nutricionistas:

-2 Fisioterapeutas que se encargaron de realizar y supervisar las sesiones de trabajo.

-1 Médico rehabilitador, encargado de hacer las revisiones médicas y de establecer reuniones una vez a la semana con los pacientes y con el equipo multidisciplinar para seguir la evolución del tratamiento.

-1 Preparador físico. Encargado de complementar el trabajo del FT desarrollando las capacidades físicas de los pacientes.

-1 Enfermero encargado de realizar las curas.

-1 Nutricionista. Encargado de realizar y revisar las dietas de los pacientes.

-1 Psicólogo. Encargado de entrenar los aspectos psicológicos necesarios para que el paciente pudiera enfrentarse con mayores recursos a la situación de interrupción de su actividad habitual provocada por la lesión y posteriormente preparar la vuelta a la competición.

Los 168 participantes de este estudio recibieron el tratamiento de Rhb del LCA protocolizado durante los 4 meses de intervención.


-Estructura del programa.

El programa estaba estructurado en 7 fases. Las 4 primeras estaban organizadas en periodos semanales y a partir de la 10ª semana quedaron agrupadas en meses. En cada fase se estipularon unas prioridades y objetivos manteniendo un orden sistematizado y lógico. Los participantes realizaban 10 sesiones a la semana, de lunes a viernes descansando sábados y domingos. Las sesiones de trabajo tenían una duración de 4 horas realizando 2 sesiones diarias repartidas en horario de mañana y tarde. El tiempo de descanso entre la sesión de la mañana y la de la tarde fue de 3 horas. Previamente al inicio de la sesión de la mañana los participantes acudían al comedor del centro para desayunar. Tras finalizar las sesiones de la mañana los sujetos descansaban en sus habitaciones y acudían al comedor del centro para reponer alimentos y líquidos. Lo mismo ocurría cuando finalizaban las sesiones de la tarde. Los horarios de comidas así como los menús de los participantes estuvieron en todo momento supervisados por el nutricionista del centro. Las curas necesarias en las primeras fases del protocolo de Rhb fueron efectuadas por el personal de enfermería del centro.

Cronograma de la intervención.



Figura 32. Cronograma de la Intervención.



• Post-Operatoria inmediata
• 1ª Semana

Objetivos. Fase 1:

- Reducir la inflamación post-cirugía.
- Disminuir el dolor.
- Vigilar la cicatriz.

Intervención. Fase 1. Descripción de la sesión:

La fase 1 de rehabilitación se inicia con la aplicación del protocolo “**POLICE**” para el control y disminución de la inflamación. La palabra POLICE es el resultado de abreviar las palabras, **P**rotection, **O**ptimal loading, **I**ce, **C**ompression y **E**levation. Para la aplicación del protocolo, el paciente se situó en decúbito supino ligeramente incorporado y con las rodillas estiradas sobre una camilla. La rodilla intervenida y el tobillo de esa misma extremidad descansaban sobre dos cojines, el cojín sobre el que descansaba el tobillo tenía un grosor superior al de la rodilla de manera que el pie quedaba por encima de la altura del corazón. Una bolsa de hielo picado cubierta sobre un paño (a fin de evitar un posible daño tisular sobre la piel del paciente) se colocó sobre la rodilla afectada. El paciente repitió el procedimiento cada hora durante 20 minutos. Una vez concluidos los 20 minutos se le aplicó un vendaje de compresión.

Partiendo de la misma posición, el paciente realizó 4 series del movimiento de flexo-extensión del tobillo durante 5 minutos con un tiempo de descanso de 1 minuto entre series.

Para cumplir con el segundo objetivo de esta primera fase, se administró a los pacientes fármacos antiinflamatorios y antiálgicos vía oral, con la finalidad de disminuir el dolor en la zona de la rodilla tras la intervención.

Finalmente, para la vigilancia de la cicatriz, se mantuvo la herida limpia, seca y desinfectada realizando curas periódicas entre 1 y 2 veces al día, además de reemplazar las gasas y los apósitos usados por unos nuevos. Esta vigilancia de la cicatriz, se prolongó hasta el momento de retirada de los puntos.

Fase 2

- Rehabilitación Precoz
- 2ª Semana

Objetivos. Fase 2:

- Disminuir el dolor y el derrame articular.
- Recuperar la extensión completa de la rodilla.
- Recuperar la flexión de rodilla hasta los 90°.
- Recuperar la movilidad de la rótula.
- Evitar la atrofia muscular.
- Proteger los tejidos de cicatrización.

Intervención. Fase 2. Descripción de la sesión:

En esta segunda fase, los pacientes continuaron recibiendo el mismo procedimiento en la administración de fármacos analgésicos y antiinflamatorios, además de incorporar la aplicación de Electroterapia Analgésica TENS (Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea). Para su aplicación, el paciente situado sobre una camilla, permanecía en decúbito supino con el respaldo de la camilla a 75° de inclinación con las rodillas extendidas. La rodilla intervenida descansaba sobre un cojín facilitando una ligera flexión. El sistema de electroterapia utilizado durante la aplicación de la electroanalgésia fue un equipo portátil CefarCompex Physio 5® (Compex, USA). Durante la aplicación, se emplearon los 4 electrodos autoadhesivos de la marca Compex® con un tamaño de 5x5 centímetros (Anexo 2), situados los 2 electrodos correspondientes al primer canal un centímetro por encima y por debajo de la rótula, y los electrodos correspondientes al segundo canal situados un centímetro lateral y medial a la rótula. El tipo de corriente analgésica empleada fue rectangular bidireccional compensada simétrica, con una duración de impulso de 300 microsegundos y una frecuencia de 80

Hz. La intensidad (mA) aumentaba gradualmente hasta que el paciente percibía una sensación de hormigueo constante que no llegaba a producir molestia (umbral sensitivo). Esta sensación debía mantenerse durante toda la aplicación, incrementándose progresivamente la intensidad en función del grado de acomodación que presentara el participante. En caso de alcanzarse una contracción muscular, fasciculaciones o dolor en la zona de aplicación, se reducía la intensidad hasta alcanzar nuevamente el umbral sensitivo.

Con el objetivo de disminuir el derrame articular, los pacientes recibieron la aplicación de Electroestimulación venosa profunda, movilizaciones de tobillo y rodilla, drenaje manual, presoterapia, crioterapia y vendajes compresivos. Para la aplicación de la Electroestimulación venosa profunda, se utilizó un equipo de electroterapia Veinoplus® (Ad Rem Technology. Saint Honoré. Paris). (Anexo 3). Durante la aplicación, el paciente se situó en sedestación con las rodillas en una posición de 90° de flexión y los pies apoyados en el suelo. Se dispusieron transversalmente dos de los electrodos anteriormente citados en la zona del gemelo de la pierna intervenida, un electrodo en el vientre muscular del gemelo interno y otro en el externo. La intensidad se fue aumentando gradualmente hasta observar contracciones musculares sin producir una sensación desagradable o dolorosa en el paciente. El tiempo de tratamiento fue de 20 minutos.

Durante las movilizaciones de tobillo, el paciente permanecía en decúbito supino con el respaldo de la camilla a 75° con las rodillas extendidas. La rodilla intervenida y el tobillo de esa misma extremidad descansaban sobre dos cojines, el cojín sobre el que descansaba el tobillo tenía un grosor superior al de la rodilla de manera que favorecía que la articulación del tobillo estuviera más elevada que la de la rodilla, lo que propiciaba un mejor retorno venoso. El paciente realizó estos movimientos de flexo-extensión del tobillo durante 5 minutos. Una vez finalizadas las movilizaciones de tobillo, se procedía a la aplicación del drenaje manual. El FT se situó en el lateral de la camilla en el lado de la rodilla intervenida. Con sus manos realizó presiones superficiales de fricción en la

articulación para establecer un primer contacto con el paciente con el fin de transmitirle confianza y evitar posibles reacciones de defensa. Posteriormente fue escalonando la presión hasta hacerla más profunda añadiendo maniobras de deslizamiento durante un periodo de 5 minutos. De manera complementaria al drenaje manual, los pacientes también recibieron sesiones de presoterapia. Durante estas sesiones, los pacientes se situaban en decúbito supino sobre la camilla con las rodillas en extensión y en posición de declive mediante la colocación de una cuña debajo de las extremidades inferiores. La posición de la extremidad inferior se hallaba con una angulación de 30° con respecto a la cadera. El paciente introdujo las dos piernas en las botas del sistema de presoterapia por compresión gradual e intermitente con 12 cámaras de aire superpuestas Lymphamat gradient® (BOSL Medizintechnik. Alemania) (Anexo 4). El FT seleccionó manualmente la presión del equipo quedando establecida entre 50 y 70 Milímetros de mercurio. (MmHg). La duración del tratamiento fue de 20 min. Para concluir con las acciones para la reducción del dolor y disminución del derrame articular, los pacientes recibieron la aplicación de crioterapia mediante un sistema de compresión activa en frío. Para administrar la terapia se utilizó un sistema Game ready GRPRO 2.1®. (Cool Systems Inc. Concord, California) (Anexo 5). El paciente se situó en decúbito supino con el respaldo de la camilla a 75° con las rodillas extendidas y se le cubrió con una banda de doble acción de rodilla Game Ready® y se seleccionó manualmente la presión situándola en 50 mmHg. El tiempo de tratamiento quedó establecido en 20 min.

Con el objetivo de lograr recuperar la extensión completa de la rodilla. Los pacientes recibieron la aplicación de movilizaciones pasivas de rodilla así como ejercicios de extensión activa de rodilla. Durante las movilizaciones pasivas, el paciente permanecía en decúbito supino con el respaldo de la camilla a 75° y con las rodillas extendidas. El FT se situó en el lateral de la camilla en el lado y a la altura de la rodilla lesionada, su mano más proximal la situó por encima de la rotula y la más caudal por debajo. Realizó una suave presión en la articulación en dirección a la camilla provocando una extensión de rodilla. Manteniendo la presión un mínimo de 7 segundos, volviendo tras finalizar este tiempo a la posición inicial para descansar durante un periodo de 15

segundos. El tiempo total de aplicación de la técnica fue de 5 minutos. Durante los ejercicios de extensión activa de rodilla, el paciente permanecía en la misma posición, con un rulo situado en el hueco poplíteo para favorecer una ligera flexión de rodilla y el FT le instruía para realizar una fuerza contra el rulo llevando la articulación de la rodilla hacia la extensión. Estos ejercicios se realizaron durante un periodo de 10 minutos. El tiempo de contracción fue de 6 segundos seguido de un tiempo de reposo de 6 segundos.

Con el objetivo de recuperar la flexión de la rodilla hasta los 90° sin limitaciones en la extensión, los pacientes recibieron la aplicación de movilizaciones pasivas y activas de rodilla. Con el paciente situado en decúbito supino con el respaldo de la camilla a 75° con las rodillas extendidas el FT se situó en el lateral de la camilla en el lado y a la altura de la rodilla lesionada. Colocó el pie y el tobillo del paciente en su hueco axilar sosteniéndolos firmemente entre el tronco y el brazo. La mano correspondiente la situó en el hueco poplíteo mientras que la otra mano la colocó sobre la cara anterior del extremo distal del muslo. El movimiento efectuado fue el de flexo-extensión de cadera y rodilla, con una flexión máxima de rodilla de 90° y una extensión de 0°, procurando en todo momento no provocar dolor para evitar reacciones inflamatorias o contracturas musculares de defensa. El tiempo empleado fue de 5 minutos. Para realizar las movilizaciones pasivas se utilizó un equipo de rehabilitación KINETEC® (Kinetec SAS. Tournes, Francia). (Anexo 6). El paciente situó la extremidad intervenida en el sistema de movilización pasiva y manualmente el FT fijó el ROM en 0° de extensión y 90° de flexión. El tiempo empleado fue de 1 hora Para realizar las movilizaciones activas de rodilla. El FT realizó un ejercicio que consistía en deslizar el talón de la rodilla intervenida sobre la superficie de la camilla hasta llegar a una flexión de 90° y 0° de extensión de rodilla. Este ejercicio se realizó durante 10 minutos de trabajo respetando un periodo de descanso de 30 segundos por cada 2,5 minutos de trabajo.

Con el objetivo de recuperar la movilidad de la rótula, el FT se acomodó en un taburete en el lateral de la camilla en el lado y a la altura de la rodilla intervenida, su

mano más proximal la situó en el borde superior de la rótula y la más distal en el borde inferior colocando los pulgares e índices en los bordes. Mediante movimientos tangenciales movilizó la rótula ejerciendo presión primero en su base, para continuar realizando movimientos laterales y de tracción hacia arriba para estimular las alas rotulianas. El tiempo empleado fue de 5 minutos.

Con el objetivo de evitar la atrofia muscular. Los pacientes realizaron ejercicios de trabajo muscular isométrico de cuádriceps, ejercicios de trabajo muscular isotónico de cuádriceps, ejercicios de trabajo muscular isométrico de Isquiotibiales, ejercicios de trabajo muscular isotónico del músculo glúteo medio, ejercicios de trabajo muscular isotónico de gemelos y electroestimulación de cuádriceps. Durante la realización de estos ejercicios el paciente siempre partía de la misma posición, decúbito supino con las rodillas en flexión o extensión. Para los ejercicios de trabajo isotónico de cuádriceps, el paciente realizó elevaciones de la extremidad intervenida hasta llegar a una posición de 15° de flexión de cadera combinado el ejercicio con la extremidad en rotación interna primero y externa después. Se realizaron 50 repeticiones, el tiempo de contracción fue de 6 segundos, el mismo que el de reposo, siendo el tiempo total de trabajo de 10 minutos. Para los ejercicios de trabajo muscular isotónico de cuádriceps, el paciente separó el talón de la camilla al mismo tiempo que la parte posterior de la rodilla se mantenía en contacto con el rulo manteniendo la posición durante 6 segundos y reposando 6 segundos. Se realizaron 50 repeticiones siendo el tiempo total de trabajo de 10 minutos. Para los ejercicios de trabajo muscular isométrico de Isquiotibiales, el paciente con el talón de la pierna lesionada apoyado sobre la camilla, realizaba un empuje vertical contra la misma. Se realizaron 50 repeticiones durante 10 minutos de trabajo, el tiempo de contracción fue de 6 segundos y el de reposo de 6 segundos. Para los ejercicios de trabajo muscular isotónico de gemelos, el paciente con la rodilla en extensión y el tobillo con una angulación de 90° sujeto por una banda elástica Theraband® (Hygenic Corporation. Akron, Ohio) (Anexo 7) a la altura del antepié de la rodilla intervenida. El paciente realizó 50 repeticiones de movimientos de flexión plantar donde mantenía la posición 6 segundos para descansar en flexión dorsal durante 6

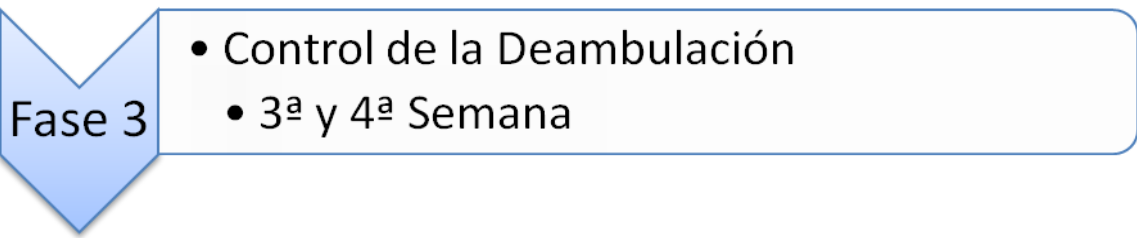
segundos más. El tiempo total de trabajo fueron 10 minutos. Realizando un total de 50 repeticiones. Para los ejercicios de trabajo muscular isotónico de peroneos, el paciente con la rodilla en extensión y el tobillo con una angulación de 90º, se sujetó un extremo del Theraband® en el antepié de la rodilla intervenida y el otro extremo en el antepié de la pierna contraria. El paciente realizó 50 repeticiones de movimientos de flexión dorsal, abducción (ABD) y rotación externa manteniendo el pie en esta posición durante 6 segundos para descansar otros 6 segundos antes de iniciar la nueva contracción. El tiempo de trabajo fue de 10 min. Para la electroestimulación de cuádriceps se utilizó un equipo de electroterapia CefarCompex Physio5® (COMPEX, USA). Para la ejecución de la técnica se emplearon los 4 electrodos autoadhesivos Compex® de 5x5 cm cada uno. Los electrodos pertenecientes al primer canal fueron situados por el FT de manera que el primero quedó aproximadamente a 8 cm. de la inserción proximal del cuádriceps y el segundo en la parte interna e inferior del muslo, en el vientre muscular del vasto interno. El FT situó el primer electrodo del segundo canal en una ubicación más externa que el electrodo del primer canal mientras que el segundo quedó situado en la parte externa e inferior del muslo, en el vientre muscular del vasto externo. La corriente empleada fue una corriente bidireccional compensada simétrica con una duración de impulso de 350 microsegundos y una frecuencia de 34 hz. Para evitar la fatiga muscular, se aplicaron trenes con una duración de la contracción de 5 segundos, seguidos de un periodo de reposo de 10 segundos. Durante los periodos de contracción se estableció una rampa de subida de la intensidad de 0,5 segundos para mayor comodidad del paciente. La intensidad en mA de la aplicación se estableció en función del umbral motor del paciente, alcanzando una contracción muscular clara que se mantenía durante 5 segundos. En ningún caso el paciente debía percibir dolor durante la aplicación de la electroestimulación.

Durante las contracciones musculares, se instruyó al paciente para que ejerciera presión sobre el cojín situado bajo el hueco poplíteo de la pierna intervenida cuando la corriente eléctrica estaba en una fase de trabajo, y que, una vez finalizada esta fase el paciente relajara la musculatura para volver a la posición inicial. Finalmente, para los

ejercicios de trabajo muscular isotónico de Glúteo medio, el paciente permanecía sobre la camilla en decúbito lateral del lado contralateral a la extremidad lesionada. Desde una posición neutra de cadera con la rodilla en extensión el deportista realizó elevaciones laterales de la pierna hasta llegar a una posición de 45° manteniendo la posición durante 6 segundos y reposando 6 segundos. Realizando 50 repeticiones durante un periodo de 10 minutos.

Con el objetivo de proteger los tejidos de cicatrización, los pacientes recibieron curas por parte del personal de enfermería y masaje de cicatriz. El FT se acomodó en un taburete en el lado y a la altura de la rodilla lesionada, colocó sus manos una a cada lado de la cicatriz apoyando sus índices y pulgares con las puntas de los dedos enfrentadas. Con los pulpejos de los dedos realizó movimientos circulares, transversales, longitudinales y en zigzag en toda la región de la cicatriz con el fin de despegarla de los planos subyacentes. El tiempo empleado fue de 5 minutos.

Tras finalizar la sesión se le aplicaron al paciente vendajes compresivos. En el tiempo de reposo una vez finalizadas cada una de las sesiones y en la habitación del paciente el enfermero de planta aplicó en la rodilla compresas empapadas en alcohol al 70%. Las gasas quedaron adheridas a la piel mediante un vendaje compresivo que recubría la rodilla. El tiempo fue de 15 min.



Fase 3

- Control de la Deambulaci3n
- 3^a y 4^a Semana

Objetivos. Fase 3:

- Recuperar la flexi3n de la rodilla hasta los 120° sin limitaciones en la extensi3n.
- Reeducaci3n de la marcha sin ayudas t3cnicas. (3^a semana)
- Reeducaci3n de la marcha sin ayudas t3cnicas. (4^a semana)
- Iniciar el refuerzo muscular.
- Refuerzo de los segmentos sanos. (Preparador f3sico)

Intervenci3n Fase 3. Descripci3n de la sesi3n:

Para cumplir con el primer objetivo de esta tercera fase el paciente permaneci3a en dec3bito supino con el respaldo de la camilla a 75° con las rodillas estiradas. El FT se situ3 en el lateral de la camilla a la altura de la rodilla lesionada, con su mano m3s caudal abarc3 el tal3n del tobillo, su mano m3s distal la coloc3 en el hueco popl3teo y efectu3 un movimiento de flexo-extensi3n de cadera y rodilla con una flexi3n m3xima de rodilla de 120° y una extensi3n de 0°, procurando en todo momento no provocar dolor para evitar reacciones inflamatorias o contracturas musculares de defensa. El tiempo empleado fue de 5 minutos. Una vez finalizadas las movilizaciones pasivas y en la misma posici3n en la que se encontraba el paciente, el FT situ3 de nuevo la extremidad intervenida en el KINETEC® y a partir de la 3^a semana modific3 manualmente el ROM hasta situarlo en 0° de extensi3n y 120° de flexi3n. El tiempo empleado fue de 30 minutos.

Con el objetivo de reeducar la marcha, durante las 3 primeras semanas el paciente realizó la deambulaci3n con la ortesis, con el vendaje en la rodilla y con muletas. Para realizar el trabajo de deambulaci3n los pacientes realizaron ejercicios en la piscina cubierta del centro. Los pacientes se introdujeron en la piscina y durante la realizaci3n de los ejercicios siempre partian de la misma situaci3n, en bipedestaci3n con el agua a la altura del pecho y sujetos en el borde lateral de la piscina. El peso del cuerpo permanecia apoyado en la pierna contralateral a la intervenida y con la rodilla lesionada con una flexi3n de 15°. Para los ejercicios de movilidad de tobillo y pie el paciente realiz3 movimientos de flexoextensi3n y rotaciones de tobillo, en sentido contrario y a favor de las agujas del reloj y flexoextensi3n de los dedos del pie. Para los ejercicios de movilidad de cadera el paciente realiz3 movimientos de flexoextensi3n, movimientos de ABD y adducci3n (ADD) llevando la articulaci3n hasta el final del arco articular sin provocar dolor. Para la realizaci3n de los ejercicios de movilidad de rodilla el paciente realiz3 ejercicios de flexoextensi3n de rodilla con la cadera en posici3n neutra primero, para pasar despu3s a realizarlos combinados con movimientos de flexoextensi3n de cadera. El tiempo empleado fue de 45 minutos.

A partir de la 4ª semana se increment3 la intensidad y la dificultad de los ejercicios. Partiendo de la misma posici3n de los ejercicios anteriores. En una primera fase el paciente realiz3 ejercicios de marcha efectuando el primer contacto con el tal3n, para despu3s apoyar la planta e impulsándose con la punta del pie, alargando la zancada, caminando de frente, hacia detr3s y de lado, ejecutando la marcha con una propulsi3n sim3trica y asim3trica de brazos. En una fase posterior el paciente desarroll3 una marcha hacia delante con una elevaci3n frontal de las rodillas primero, una elevaci3n lateral de las mismas para cabar el ejercicio subiendo los talones hacia la regi3n glútea. El tiempo empleado fue de 45 minutos. Una vez finalizado el trabajo en la piscina el paciente continu3 con los ejercicios de dambulaci3n fuera del agua. Para evitar impactos en la extremidad intervenida el paciente realiz3 un ejercicio de deambulaci3n sin gravedad. Para la realizaci3n del ejercicio se utiliz3 un tapiz rodante antigraavitatorio ALTER G Anti-Gravity Treadmill® (American Medical Device Company. Fremont,

California). (Anexo 8). El paciente se situó encima del tapiz rodante y dentro de la capsula del sistema. El FT seleccionó manualmente la velocidad del tapiz rodante y el efecto gravitatorio. La velocidad quedó establecida en una velocidad de 6 Km/hora y el efecto antigravitatorio en un 70% del peso corporal para evolucionar hasta el 100%. El tiempo quedó establecido en 10 min.

Con el objetivo de iniciar el refuerzo muscular el paciente realizó, en primer lugar, ejercicios para estimular la extremidad intervenida hacia la carga total. En segundo lugar ejercicios de estabilización lumbo-pélvica y en tercer lugar, y a partir de la 3ª semana ejercicios de refuerzo muscular en cadena cinética cerrada (CCC).

Para estimular la carga total de la articulación y partiendo de una posición de bipedestación el paciente realizó transferencias del peso corporal de una pierna a otra, manteniendo el apoyo durante 6 segundos en cada pierna. Realizando 25 apoyos con cada pierna y una progresión gradual hasta llegar al 100% del peso corporal. Una vez realizado el ejercicio y siguiendo la misma pauta, el paciente repitió el mismo ejercicio modificando la posición de los pies quedando perpendicular a los hombros. El ejercicio se realizó durante 10 minutos. Finalmente, partiendo de la misma posición, el paciente realizó un paso frontal con la pierna intervenida de manera que quedó apoyada en el suelo por delante de la sana y realizó transferencias del 100% de su peso de una pierna a otra manteniendo el apoyo durante 6 segundos en cada pierna, realizando un total de 25 repeticiones. Una vez concluido el ejercicio el paciente volvió a la posición de partida para seguidamente adelantar la pierna sana y volver a ejecutar la acción en la nueva posición de las extremidades inferiores realizando transferencias del 100% de su peso manteniendo el apoyo durante 6 segundos en cada pierna, realizando un total de 25 repeticiones. Para la realización de los ejercicios de estabilización Lumbo-pélvica el paciente permanecía en decúbito supino sobre una colchoneta con la rodilla intervenida estirada y la sana flexionada con la planta del pie apoyada en la camilla, los brazos con las palmas de las manos en pronación descansaban a lo largo de la camilla. El paciente elevó lentamente las caderas separando la zona lumbar de la camilla manteniendo la

posición de la rodilla en extensión. El paciente realizó 50 repeticiones con un periodo de trabajo de 6 segundos y uno de descanso de 6 segundos. El tiempo empleado fue de 10 minutos. Para la realización del siguiente ejercicio el paciente permanecía en decúbito supino sobre una colchoneta, las caderas y las rodillas estaban en una angulación de 90° y los talones apoyaban encima de un fitball (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia)(Anexo 9). El paciente deslizó lentamente el Fitball hacia la derecha e izquierda lentamente manteniendo las caderas en contacto con la colchoneta. Durante 5 minutos. Una vez finalizado el ejercicio anterior, el paciente permanecía sentado encima de un Fitball. Los pies apoyados en el suelo con una abertura igual a la de los hombros, las rodillas y las caderas a 90°, la espalda completamente recta, los brazos en jarra y con las manos apoyadas en la cintura. El paciente realizó un movimiento de extensión de rodilla hasta situarla en una posición paralela al suelo manteniendo la posición durante 6 segundos con 6 segundos de descanso, realizando un total de 50 repeticiones. En la misma posición que el ejercicio anterior con los brazos a 90° codos en extensión y sujetando un balón medicinal de 2 kg. con las manos (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia) (Anexo 10). El paciente realizó movimientos de rotación de tronco llevando el balón de derecha a izquierda, realizando un total de 50 repeticiones. En el último ejercicio de estabilización lumbo-pélvica el paciente permanecía sentado sobre una colchoneta en una posición en V con los pies sin apoyo a 10 centímetros del suelo, y sujetaba un balón medicinal de 2 kg. en sus manos con los codos pegados al tronco y flexionados a 90°. Efectuó una rotación de tronco para llevar el balón hacia el lado derecho e izquierdo alternativamente sin perder la posición de V en la que se encontraba al principio del ejercicio. Realizando un total de 50 repeticiones. Para el refuerzo muscular en cadena cinética cerrada (CCC) se emplearon 3 ejercicios. En el primer ejercicio el paciente permanecía en bipedestación en posición semisentada con la espalda apoyada en un Fitball que a su vez estaba apoyado en la pared. Los pies separados y con una rotación externa de 20°. El paciente bajó lentamente hasta que las rodillas alcanzaron una posición de 90°, realizando 25 repeticiones con un periodo de trabajo de 6 segundos con 6 segundos de reposo. El tiempo total empleado para realizar

el ejercicio fue de 5 minutos. En el segundo ejercicio el paciente permanecía en decúbito supino sobre una colchoneta con la cadera y rodilla de la pierna intervenida a 90° y con el pie apoyado en la pared. El paciente realizó presión con el pie hacia la pared manteniendo una contracción máxima sin que produjera dolor durante 6 segundos con un periodo de reposo de 6 segundos. El número de repeticiones fue de 25, el tiempo total del ejercicio fue de 5 minutos. Para el tercer ejercicio y partiendo de la misma posición que en el ejercicio anterior, el FT colocó el balón medicinal de 2 kilogramos entre el pie del paciente y la pared. El paciente realizó esta vez la presión sobre la pelota siguiendo la misma pauta que en el ejercicio anterior. El tiempo total del ejercicio fue de 5 minutos realizando 25 repeticiones con un periodo de contracción de 6 segundos y 6 segundos de reposo.

Finalmente, para cumplir con el objetivo de reforzar los segmentos sanos, el PF del centro diseñó un circuito de 10 estaciones. El circuito consistió en la realización de 8 series de 10 ejercicios con una duración de 30 segundos cada uno. En las estaciones con ejercicios dinámicos el paciente realizó la mayor cantidad de repeticiones posibles mientras que en las estaciones con ejercicios isométricos mantuvo la posición durante los 30 segundos. El tiempo de descanso fue de 10 segundos.

Estación 1): El paciente realizó bicicleta estática empezando por una resistencia suave para ir incrementándola paulatinamente hasta llegar a una resistencia moderada.

Estación 2): Paciente en bipedestación con las piernas ligeramente separadas, sus brazos sujetaban contra el pecho un disco de 10 kg. de peso (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia) (Anexo 11). Realizó un ejercicio de sentadillas para ello, dobló las rodillas, simulando la acción de sentarse, hasta que estas formaron un ángulo de aproximadamente 120° con la articulación de la cadera de manera que las rodillas no salieran por delante de los pies para volver después a la posición original y repetir la acción hasta agotarse el tiempo marcado para el ejercicio.

Estación 3): El paciente permanecía en decúbito supino, los omóplatos apoyados sobre un Fitball, con la espalda extendida y las rodillas flexionadas a 90°, sostenía una mancuerna de 3 kg. de peso (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia) (Anexo 12), en cada mano a la altura del pecho. El ejercicio consistió en realizar aperturas de brazos con los codos extendidos para después regresar a la posición original.

Estación 4): Paciente en decúbito prono sobre una colchoneta con los antebrazos en el suelo, los codos alineados debajo de los hombros, los brazos paralelos al cuerpo y las palmas de las manos en el suelo. El paciente separó el cuerpo del suelo y mantuvo esta posición durante los 30 segundos evitando que su peso no venciera hacia abajo.

Estación 5): Paciente en decúbito lateral con un antebrazo apoyado en el suelo con una angulación de 90° con respecto al tronco y el otro pegado al cuerpo. El paciente se elevó separando el cuerpo de la colchoneta hasta que sólo tuvo apoyado el antebrazo y los pies en el suelo manteniendo las piernas rectas y los pies juntos durante los 30 segundos tratando de que su peso no venciera hacia abajo.

Estación 6): Paciente en decúbito prono sobre la colchoneta, las palmas de las manos apoyadas a la altura de los hombros aunque ligeramente más abiertas y con el tronco recto. El paciente levantó el cuerpo hacia arriba con el objetivo de alcanzar una extensión de codos y manteniendo una postura erguida evitando inclinar el tronco hacia atrás. El cuerpo quedó apoyado únicamente sobre las manos y los dedos de los pies, manteniendo la posición erguida todo el tiempo. Para seguidamente bajar el cuerpo flexionando los brazos y volviendo a la posición de partida.

Estación 7): El paciente permanecía sentado en un banco, colocó las manos al lado de las caderas con la palma mirando hacia el suelo de manera que los pulgares se situaron justo al lado de las caderas. Mediante una extensión de codo separó los glúteos alejándolos del banco y extendió las piernas hacia delante con el objetivo de que los pies quedaran lo más lejos posible del banco con la zona glútea por delante. Desde esta posición de partida el paciente bajó lentamente el tronco mediante una flexión de codos

hasta que el brazo ocupó una posición de 90° con el antebrazo y la zona glútea a pocos centímetros del suelo, regresando a la posición inicial mediante una extensión de codo. Durante la realización del ejercicio las piernas permanecieron en extensión.

Estación 8): Paciente en decúbito supino sobre una colchoneta una pierna descansaba estirada sobre la misma mientras que la otra permanecía doblada de manera que la planta del pie apoyaba totalmente sobre la colchoneta. El paciente realizó una elevación de la pierna que estaba en contacto con el suelo al mismo tiempo que despegaba los glúteos de la colchoneta realizando 4 repeticiones con cada pierna.

Estación 9): Paciente en decúbito supino sobre una colchoneta con los talones apoyados en un banco y las piernas flexionadas en ángulo recto. Sin mover las piernas el paciente colocó sus manos en la nuca y con los codos abiertos elevó el tronco con la espalda recta hasta que los codos tocaron sus rodillas para seguidamente volver a la posición de partida.

Estación 10): Paciente en decúbito prono sobre una colchoneta con un cojín debajo del abdomen y con las cuatro extremidades en contacto con el suelo. El paciente elevó alternativamente el brazo y la pierna contralateral.

Fase 4

- Control Neuromuscular
- 5ª a 10ª Semana

Objetivos. Fase 4:

- Ganar arco articular completo.
- Mejorar la fuerza y la resistencia muscular.
- Iniciar el trabajo cardiovascular.
- Mejorar del equilibrio y la propiocepción.
- Recuperar el patrón normal de la marcha.
- Iniciar la carrera en piscina. (2º mes)

Intervención Fase 4. Descripción de la sesión:

En esta cuarta fase, y con el objetivo de lograr un arco articular completo los pacientes continuaron recibiendo la aplicación de movilizaciones pasivas de rodilla. Durante las movilizaciones pasivas, el paciente permanecía en decúbito supino con el respaldo de la camilla a 75° con las rodillas estiradas. El FT se situó en el lateral de la camilla a la altura de la rodilla lesionada, con su mano más caudal abarcó el talón del tobillo, su mano más distal la colocó en el hueco poplíteo y efectuó un movimiento de flexo-extensión de cadera y rodilla llegando a la flexión máxima de rodilla. Seguidamente y con el paciente en decúbito prono con un cojín debajo del abdomen, el FT se situó en el lateral de la camilla a la altura de la rodilla lesionada, la rodilla sana permanecía en extensión apoyada en la camilla y la intervenida en flexión de 90° con su mano más caudal. El FT abrazó el tobillo del paciente y con la más craneal fijó la pelvis. El FT realizó movimientos de flexión forzada de rodilla con una fuerza gradual hasta llegar al recorrido articular máximo. El tiempo empleado para la aplicación de las 2 técnicas fue de 10 minutos.

Para lograr el segundo objetivo de esta fase y mejorar la fuerza y la resistencia muscular los pacientes realizaron ejercicios en cadena cinética abierta (CCA) para la musculatura isquiotibial e intensificaron el trabajo en CCC para la musculatura extensora. Para intensificar el trabajo en CCC se utilizó la electroestimulación de cuádriceps combinada con un trabajo de refuerzo en apoyo bipodal. Para la ejecución de la técnica el paciente se acomodó en bipedestación en posición semisentada con la espalda apoyada en un Fitball que a su vez estaba apoyado en la pared. Los pies separados y con una rotación externa de 20°. Para la realización del ejercicio se utilizó un equipo de electroterapia CefarCompex Physio5®. Se instruyó al paciente para que bajará lentamente hasta que las rodillas alcanzaran una posición de 90°, cuando la corriente eléctrica estaba en un periodo de contracción, y que, una vez finalizado este periodo el paciente volviera a la posición de partida durante el periodo de reposo. La colocación de los electrodos y la intensidad de la corriente aplicada se realizó siguiendo los criterios descritos en fases anteriores. Una vez finalizada la electroestimulación, el paciente se acomodó en la máquina de Press de banca modelo Technogym LEG PRESS-SELECTION (Technogym S.P.A. Cesena FR).(Anexo 13). Situó los pies sobre la plataforma con una separación igual que la de los hombros y con las rodillas en un ángulo de 90° empujó los pies contra la plataforma hasta que las rodillas alcanzaran una posición de extensión. Una vez alcanzada la posición el paciente la mantuvo durante 6 segundos para volver a la posición inicial lentamente y descansar 6 segundos. Tras concluir el ejercicio descrito anteriormente el paciente cambió el apoyo de los pies situándolos primero en la parte inferior de la plataforma para posteriormente apoyarlos modificando la apertura, separándolos más allá de la altura de los hombros. El paciente realizó un total de 50 repeticiones siendo el trabajo total del ejercicio de 10 minutos. Para la realización de los ejercicios en cadena cinética abierta (CCA) para la musculatura isquiotibial el paciente se situó en decúbito prono con un cojín a la altura del vientre con las piernas estiradas. El FT colocó una tobillera lastrada de 2 kg. de peso (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia). (Anexo 14). El paciente realizó una flexión de rodilla hasta llegar a 80°. Una vez alcanzada la postura, mantuvo la posición durante 6 segundos para

seguidamente descender la pierna lentamente hasta llegar a la ubicación inicial reposando 6 segundos antes de realizar la siguiente contracción. El paciente realizó un total de 50 repeticiones siendo el tiempo empleado para realizar el ejercicio de 10 minutos. Tras concluir el ejercicio anterior y en la misma posición el FT sujetó un extremo de una banda elástica Theraband® en el tobillo del paciente y el otro extremo lo anudó en la camilla, el paciente realizó una flexión de rodilla hasta llegar a 80°, siguiendo las mismas pautas que en el ejercicio anterior. Para finalizar los ejercicios el paciente se acomodó en la máquina de isquiotibiales, modelo Technogym LEG CURL-SELECTION. (Technogym S.P.A. Cesena FR) (Anexo 15) con la espalda apoyada en el respaldo, con el eje de rotación de la máquina alineado con el eje de rotación de la rodilla, los tobillos sobre la almohadilla inferior y los muslos fijos por debajo de la almohadilla superior empujó hacia detrás el dispositivo hasta llegar a una flexión de 90° de rodilla para después volver a la posición original. Una vez alcanzada la posición el paciente la mantuvo durante 6 segundos para volver a la posición inicial lentamente y descansar 6 segundos, realizando un total de 50 repeticiones siendo el trabajo total del ejercicio de 10 minutos

Con el objetivo de iniciar el trabajo cardiovascular, el paciente realizó un ejercicio aeróbico de 30 minutos en la bicicleta estática.

Para cumplir el cuarto objetivo de esta cuarta fase y mejorar el equilibrio y la propiocepción se introdujeron en primer lugar ejercicios de desequilibrio y propiocepción con apoyo bipodal, y seguidamente ejercicios con apoyo bipodal en un plano inestable. Para la realización de los primeros ejercicios el paciente y el FT se situaron en bipedestación frente a frente con las piernas separadas con las manos en los hombros del contrario y el tronco en una posición oblicua respecto al suelo. El ejercicio consistía en intentar desequilibrar al compañero. Una vez finalizado el ejercicio y en la misma posición, el paciente intentaba una flexión de tronco mientras que el FT ejercía resistencia al movimiento. Tras concluir el ejercicio y para finalizar, el FT se situó detrás del paciente con las manos en sus hombros, el paciente intentaba el

desplazamiento del tronco hacia detrás con la resistencia del fisioterapeuta. El tiempo empleado para realizar la secuencia de los tres ejercicios fue de 15 minutos. A la conclusión se incrementó la dificultad de los ejercicios incorporando ejercicios con apoyo bipodal en un plano inestable. Para su realización el paciente permanecía en bipedestación sobre una plataforma inestable Bosu® (Official Global Headquarters. Ashland, Ohio). (Anexo 16). El Bosu® se posicionó sobre el suelo apoyado por la cara plana, de manera que la parte redondeada quedó situada hacia arriba. El paciente realizó movimientos de tronco hacia delante, hacia detrás y laterales con las rodillas ligeramente flexionadas. El tiempo empleado fue de 5 minutos. Una vez realizados los ejercicios el paciente se acomodó un balón de 2 kg. entre las piernas y al mismo tiempo que realizaba los mismos ejercicios ejercía una contracción bilateral de la musculatura adductora. El paciente realizó los ejercicios anteriores con los ojos cerrados. El tiempo empleado fue de 5 minutos. Con la finalidad de aumentar la exigencia de los ejercicios anteriores el paciente, sin variar la posición adoptada en los ejercicios anteriores sostenía un balón por detrás de la cadera. Desde esta posición realizaba una flexión de tronco y una retroversión con los brazos para lanzar el balón por encima de la cabeza y recibirlo por delante. El tiempo empleado fue de 5 minutos.

Con el objetivo de recuperar el patrón normal de la marcha el paciente se situó en bipedestación delante de un espejo, (Anexo 17) con los pies descalzos. El ejercicio consistió en realizar una marcha hacia delante realizando todas las fases de la misma. Se le dio instrucciones de que apreciara en cada paso como cambiaba la presión sobre la planta de los pies e intentará que esa presión fuera desde el talón a la punta de los dedos y para que efectuara un balanceo de brazos durante la marcha de manera que el brazo derecho balanceaba con la pierna izquierda y el brazo izquierdo balanceaba con la pierna derecha. Posteriormente realizó una marcha disociando las cinturas, durante la marcha, cada vez que daba un paso al frente, con las dos manos tocaba la cadera de la pierna que adelantaba a la vez que giraba el tronco en el mismo sentido. Para finalizar los ejercicios de marcha el paciente se situó lateralmente al espejo para efectuar la

marcha con pasos laterales, marcha de puntillas, de talones, con los bordes laterales del pie y modificando el tamaño de los pasos. El tiempo empleado fue de 10 minutos.

Finalmente, con el objetivo de Iniciar la carrera en piscina se intensificó el trabajo de la fase anterior. En esta fase se realizaron los mismos ejercicios que en la fase anterior aumentando el nivel de exigencia aumentando la velocidad de ejecución de los ejercicios añadiendo ejercicios de salto y utilizando material de flotación y de resistencia (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia). (Anexo 18). El paciente permanecía sumergido con el agua a la altura del pecho para iniciar los ejercicios y posteriormente a la altura de la cadera para aumentar su dificultad. Con una posición corporal erguida se impulsó enérgicamente hacia arriba con las piernas realizando saltos bipodales primero y monopodales con cada una de las piernas después. Los saltos fueron realizados hacia delante, hacia detrás, lateral y verticalmente. Cada uno de los ejercicios fue realizado primero sin resistencias y posteriormente con resistencias en las manos. El tiempo empleado fue de 5 minutos. Al finalizar los ejercicios el paciente inició los ejercicios en carrera buscando un buen apoyo y despegue del pie en cada paso. Inicialmente el desplazamiento fue hacia delante pasando a realizar la carrera posteriormente hacia detrás y lateralmente, elevando las rodillas hasta el pecho primero, para posteriormente realizarlos llevando los talones a los glúteos. El tiempo empleado fue de 5 minutos.

Fase 5

- Normalización
- 11ª a 16ª Semana

Objetivos. Fase 5:

- Desempeñar las actividades de la vida diaria sin limitaciones.
- Recuperar y/o mejorar las cualidades físicas básicas.
- Intensificar el refuerzo muscular.
- Mejorar la propiocepción en acciones complejas.
- Iniciar la carrera sin gravedad (2,5 meses).
- Iniciar la carrera en campo (3,5 meses).

Intervención Fase 5. Descripción de la sesión:

En esta fase de la Rhb se le permitió al paciente la realización de las actividades propias de la vida diaria sin restricciones.

Con el objetivo de Recuperar y/o mejorar las cualidades físicas básicas del paciente se emplearon sesiones de Aquagym. El paciente permanecía en bipedestación sumergido con el agua a la altura del pecho. El paciente realizó el movimiento de extensión de cadera con una pierna al mismo tiempo que llevaba la pierna contraria hacia delante, como una tijera, alternando el paso y manteniendo en todo momento la pierna estable y extendida. Al mismo tiempo activó la musculatura del tronco para que la pierna extendida tuviera un punto de apoyo realizando el ejercicio variando la amplitud del movimiento. Seguidamente y partiendo de una posición de flotación ventral el paciente flexionó las piernas enrollándolas hacia el pecho para a continuación extenderlas hacia delante de forma que quedó situado en posición de flotación dorsal. Una vez realizado el ejercicio y partiendo de una posición de flotación lateral el paciente

flexionó las piernas enrollándolas hacia el pecho para a continuación extenderlas hacia el lado contrario. Tras finalizar el ejercicio y desde una posición de sedestación dirigió sus piernas alternativamente hacia delante dando patadas en el agua manteniendo las rodillas separadas a la altura de las caderas.

Para cumplir con el objetivo de reforzar los segmentos sanos, al igual que en fases anteriores, el PF diseñó un circuito de 10 estaciones. El circuito consistió en la realización de 8 series de 10 ejercicios con una duración de 30 segundos cada uno y un tiempo de descanso de 10 segundos. El paciente realizó la mayor cantidad de repeticiones posibles durante los 30 segundos.

Estación 1): El paciente se situó en bipedestación con la espalda recta, los pies juntos, los brazos pegados a los lados del tronco y con las rodillas ligeramente dobladas. El paciente realizó un pequeño salto y mientras estaba en el aire separó las piernas abriéndolas más allá de la altura de los hombros al mismo tiempo que levantaba los brazos por encima de la cabeza hasta llegar a chocar las manos. Una vez realizada la acción, el paciente volvió a la posición de partida para repetir el ejercicio.

Estación 2): Desde la misma posición que en la estación anterior el paciente adelantó una pierna hacia delante mientras que la otra quedaba estirada detrás de manera que quedaba apoyada con la punta del pie. Desde esta posición el paciente dobló la pierna que estaba posicionada por detrás intentando tocar con la rodilla en el suelo, bajando lo máximo posible para después regresar a la posición original. En este ejercicio el paciente realizó las repeticiones intercalando la posición de las piernas.

Estación 3): El paciente se situó en bipedestación delante de una pared con un balón medicinal de 5 kg. en sus manos (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia). (Anexo 19). El ejercicio consistió en lanzar la pelota hacia arriba contra la pared mientras realizaba una sentadilla cuando recibía el balón.

Estación 4): El paciente se situó en decubito prono sobre una colchoneta con las palmas de las manos apoyadas en el suelo y los codos en extensión de manera que los pies quedaban apoyados en el suelo con la punta de los dedos. El ejercicio consistió en llevar la pierna hacia el pecho para después volver a la posición inicial para seguidamente llevar la otra pierna hacia el pecho. El paciente alternó el movimiento de piernas lo más rápido posible intercalando cada pierna de detrás hacia delante.

Estación 5): El paciente se situó en decúbito supino en una colchoneta con los talones apoyados sobre un Fitball y la zona glútea separada de la colchoneta. Las piernas estaban juntas y estiradas y el tronco bien alineado. Los brazos descansaban sobre la colchoneta y tanto el cuello cómo los hombros estaban en contacto con la misma. Desde esta posición, el ejercicio consistió en aproximar el balón hacia los glúteos mediante una flexión de rodillas cambiando el apoyo del talón hasta llevarlo a la punta de los dedos para regresar después a la posición inicial y repetir la acción.

Estación 6): El paciente se posicionó en decúbito lateral con las piernas juntas y en extensión. El PF colocó un Fitball en la pierna que no estaba en contacto con el suelo entre la pared y el talón del paciente. El ejercicio consistió en realizar una abducción de cadera desplazando el Fitball por la pared al mismo tiempo que ejercía una fuerza con el talón en dirección a la pared para evitar la caída del balón regresando posteriormente a la posición de partida para repetir el ejercicio.

Estación 7): El paciente realizó el mismo ejercicio descrito anteriormente con la pierna contraria.

Estación 8): El paciente inició el ejercicio en bipedestación con los brazos a lo largo del cuerpo, desde esta posición se agachó hasta colocarse en una posición de cuclillas apoyando las manos en el suelo. A continuación realizó una extensión de las piernas de manera que los pies quedaron apoyados en el suelo con la punta de los dedos. Las manos permanecían a la altura de los hombros con los codos pegados al tronco y en extensión. A partir de esta postura y en un mismo movimiento realizó una

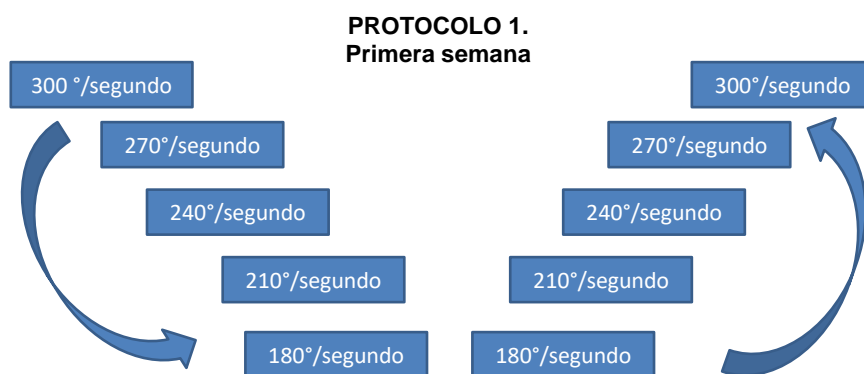
flexoextensión de codo y una aproximación de los pies hacia las manos mediante una flexión de rodillas y cadera para realizar un salto vertical y volver a la posición inicial y repetir la acción.

Estación 9): Para la realización del ejercicio se utilizó una barra situada en el techo de la sala. El paciente se situó debajo de la barra y con las manos en una posición un poco más abierta que la altura de los hombros y en pronación cogió la barra. Seguidamente realizó un movimiento de flexión de codos lo que propició que subiera hacia arriba sin balancearse hasta que situó el mentón a la altura de la barra. Para el descenso realizó una extensión de codos al mismo tiempo que doblaba las rodillas para evitar que los pies tocaran el suelo y poder repetir la acción sin impulsarse.

Estación 10): El paciente permanecía en decúbito supino sobre una colchoneta con los brazos extendidos por encima de la cabeza y con las manos sujetando un Fitball, las piernas permanecían estiradas y juntas. El paciente mediante un solo movimiento levantó los brazos y las piernas del suelo hasta atrapar el Fitball con los pies. Una vez el Fitball estuvo sujeto en las piernas volvió a bajar los brazos y las piernas hasta el suelo volviendo así a la posición de partida repitiendo la acción pasando el Fitball de nuevo a las manos.

Con el objetivo de intensificar el refuerzo muscular el paciente se acomodó en la máquina de cuádriceps modelo Technogym LEG EXTENSION ELEMENT+ (Technogym S.P.A. Cesena FR), (Anexo 20) sentado con la espalda apoyada en el respaldo, con el eje de rotación de la máquina alineado con el eje de rotación de la rodilla y los tobillos por debajo de la almohadilla inferior. El paciente empujó hacia arriba partiendo de una posición de 60° de ROM hasta llegar a una extensión de 90° de rodilla para después volver a la posición original. Una vez cumplidos los 3 meses, tras la finalización del ejercicio anterior el paciente se instaló en el dispositivo isocinético Biodex 4 para la realización de ejercicios Isocinéticos en acción concéntrica. Tras la realización del calentamiento y después de seguir el protocolo de colocación del paciente anteriormente descrito se utilizó el protocolo de refuerzo muscular concéntrico de

pirámides invertidas de Davies (Davies, 1992). Davies describe 4 protocolos de refuerzo muscular. Cada uno consta de 10 series con 10 repeticiones con velocidades que evolucionan desde los 300°/seg. hasta los 90°/seg. y un periodo de descanso entre serie y serie de 45 segundos. El trabajo se estructuró en semanas de manera que cada protocolo se realizó a lo largo de una semana (Davies, 1992).



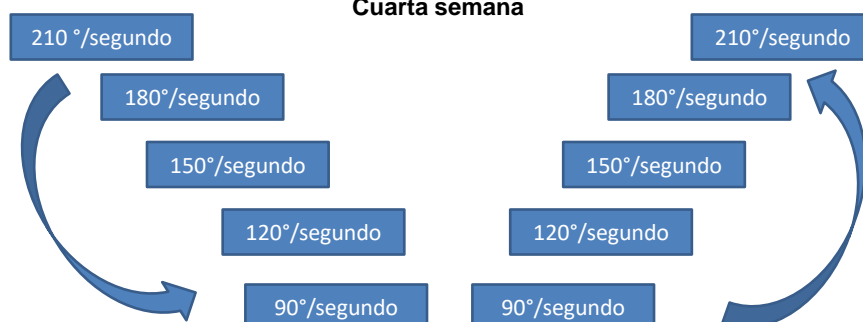
**PROTOCOLO 2.
Segunda semana**



**PROTOCOLO 3.
Tercera semana**



PROTOCOLO 4. Cuarta semana



Para conseguir el objetivo de mejorar la propiocepción en acciones complejas El paciente realizó ejercicios de propiocepción con apoyo unipodal en un plano inestable. Para ello utilizó el Bosu®. Para iniciar los ejercicios el Bosu® se posicionó sobre el suelo apoyado por la cara plana, de manera que la parte redondeada quedó situada hacia arriba. El paciente se subió apoyando ambas piernas y mirando al frente. En esta postura se le dio instrucciones para que levantara la pierna sana y que la mantuviera fuera del perímetro del Bosu® por delante mientras que la intervenida se quedaba apoyada en el Bosu® en ligera flexión. Este mismo ejercicio se realizó manteniendo la pierna sana lateralmente, por detrás del Bosu® y efectuando una adducción de la pierna sana por delante del tronco y por detrás durante 5 minutos. Una vez finalizado el ejercicio y con el Bosu® situado de la misma manera. El paciente se situó en frente y subió apoyando primero la pierna intervenida para después subir la otra como si estuviera subiendo escaleras y regresar a la posición inicial bajando alternativamente una pierna primero y la otra después. El tiempo empleado fue de 5 minutos. Para finalizar, el paciente se ubicó de pie en un lateral del Bosu® subió la pierna intervenida mientras que la otra se quedaba en el suelo para pasar seguidamente a subirla y bajar la intervenida para

apoyarla en el suelo justo en el lado contralateral de donde empezó el ejercicio para concluir con ambas piernas en esa ubicación. Este mismo ejercicio se realizó de manera inversa y se añadió seguidamente una dificultad al ejecutar el ejercicio sujetando un balón medicinal de 2 Kg. en las manos con los brazos en una posición de 90° con respecto al tronco. El tiempo empleado fue de 5 min. Estos mismos ejercicios se realizaron utilizando una cama elástica para posteriormente volver a ejecutarlos con el Bosu® situado encima de una cama elástica (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia). (Anexo 21).

Con el objetivo de iniciar la carrera sin gravedad se utilizó el tapiz rodante antigravitatorio ALTER G® descrito anteriormente. El paciente se situó encima del tapiz rodante y dentro de la capsula transparente del sistema. Manualmente se introdujeron los datos del trabajo a realizar. La velocidad del tapiz rodante se fue modificando empezando con una velocidad baja aumentandola gradualmente. La carga que tenía que soportar el paciente fue de un 50% de su peso inicialmente aumentando progresivamente la carga y la velocidad de carrera con el objetivo de llegar al 100% de su peso a los 3,5 meses.

Para el inicio de la carrera en campo se utilizó el terreno de césped natural anexo a la sala de fisioterapia y se realizaron ejercicios de marcha. Previamente a la realización de los ejercicios el PF delimitó el área de trabajo mediante la colocación de dos conos separados uno del otro 25 metros que señalaban el inicio y el final de la prueba. El paciente se situó detrás del cono que señalaba el inicio de la prueba. El primer ejercicio consistió en desplazarse caminando de frente hasta el cono que señalaba el final del recorrido para pasar después a realizar el recorrido caminando de frente sobre la punta del pie, sobre el talón, con las puntas de los pies hacia dentro, con las puntas de los pies hacia fuera, con una zancada larga, subiendo las rodillas al pecho y tocando con los talones en el glúteo. Una vez finalizados los ejercicios el paciente realizó un ejercicio de marcha lateral y una vez completada esta realizó una marcha de espaldas. Cada uno de los ejercicios se repitió 3 veces. Al concluir los ejercicios anteriores el paciente comenzó

a realizar carrera continua alrededor del campo de césped a un ritmo lento, deteniendo la marcha en las esquinas para realizar el giro caminando. El paciente realizó 6 minutos de carrera en un sentido con un descanso de 3 minutos para reanudar la carrera en sentido contrario durante otros 6 minutos.

Fase 6

- Retorno a la Actividad Deportiva
- 4º al 8º Mes

Objetivos. Fase 6:

- Alcanzar la fuerza, potencia y resistencia muscular máxima.
- Incrementar la intensidad y la dificultad de los ejercicios adaptándolos a las características específicas de cada deporte y deportista.
- Reincorporación a los entrenamientos y competición de manera gradual.
- Alcanzar la fuerza, potencia y resistencia muscular máxima.

Intervención Fase 6. Descripción de la sesión:

Con el objetivo de alcanzar la fuerza, potencia y resistencia muscular máxima se introdujeron ejercicios isocinéticos en acción excéntrica. Para la realización de los ejercicios se utilizó el Biodex 4. Tras la realización del calentamiento y después de seguir el protocolo de colocación anteriormente descrito se inició el ejercicio. Se instruyó al paciente para que realizará un 15% de la fuerza máxima obtenida con la pierna sana en acción excéntrica, y se le pautó un trabajo de 3 series de 15 repeticiones cada una, a una velocidad de 30°/seg. La fuerza a realizar por el paciente se aumentó en un 10% cada 2 días. Una vez se llegó a trabajar al 60% de la fuerza máxima contralateral, el FT introdujo un entrenamiento excéntrico intenso. Para ello se utilizó el protocolo modificado de Stanish. El paciente trabajó a tres velocidades distintas, 30°/seg. 60°/seg. y 90°/seg y con tres porcentajes diferentes 30%, 50% y 70% de la fuerza máxima de la pierna sana,

realizando 3 series de 15 repeticiones cada una para cada porcentaje (Stanish et al. 1986).

	Velocidad.	% de fuerza.	Repeticiones.
Día 1	30°/s	30%	3X15
Día 2	30°/s	50%	3X15
Día 3	30°/s	70%	3X15
Día 4	60°/s	30%	3X15
Día 5	60°/s	50%	3X15
Día 6	60°/s	70%	3X15
Día 7	90°/s	30%	3X15
Día 8	90°/s	50%	3X15
Día 9	90°/s	70%	3X15

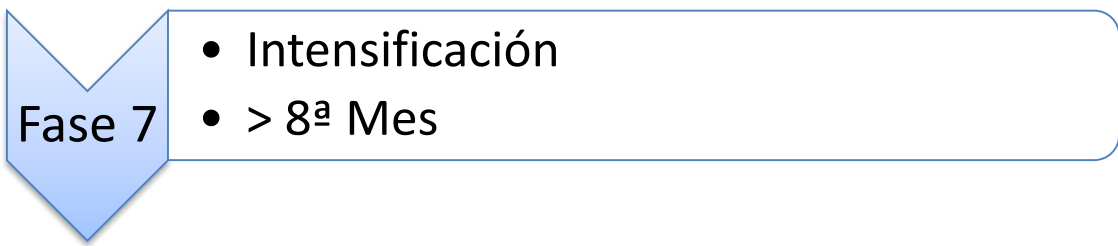
Protocolo modificado de Stanish

Con el objetivo de Incrementar la intensidad y la dificultad de los ejercicios adaptándolos a las características específicas de cada deporte y a cada deportista, el PF introdujo ejercicios de carrera con cambios de ritmo, aceleraciones/deceleraciones, cambios de dirección, desplazamientos laterales, carrera hacia atrás y ejercicios de

coordinación en carrera. Los ejercicios de carrera tuvieron una duración de 20 minutos. Tras finalizar los ejercicios realizó ejercicios pliometricos, para ello el paciente se situó detrás de un cajón de 50 cm, (PITK S.L. Beriaín, España) (Anexo 22) de altura y el PF le pidió primero que efectuara un salto hacia arriba para situarse encima del cajón y posteriormente saltar para volver al suelo, realizando la recepción del salto con el antepié evitando el aterrizaje con los talones. Seguidamente el paciente se situó al lado del banco y realizó el mismo ejercicio descrito anteriormente pero efectuando los saltos laterales. Posteriormente el paciente realizó los mismos ejercicios descritos anteriormente realizando los saltos con una pierna. El tiempo total empleado para realizar los 3 ejercicios fue de 10 minutos. Una vez finalizados los ejercicios anteriormente citados el PF utilizó una escalera de de coordinación para la realización de los ejercicios de coordinación (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia). (Anexo 23). Para ello el paciente se situó de pie en un extremo de la escalera y pasó pisando un cuadrado o escalón con cada pie, lo más rápido posible en primer lugar; para posteriormente, avanzar por la escalera saltando con un pie pisando cada cuadrado en cada paso. El paciente realizó el mismo ejercicio descrito anteriormente avanzando saltando con ambos pies pisando una vez cada cuadrado y finalizó el ejercicio avanzando de lado. En último lugar el paciente saltó con un pie cayendo con el otro en el cuadrado siguiente y manteniendo el equilibrio el máximo tiempo posible para después seguir avanzando. El tiempo empleado fue de 10 minutos. Durante esta fase se incremento la dificultad de los ejercicios de propiocepción; para ello, el paciente se situó lateral al Bosu® y efectuó un salto lateral para caer con la pierna lesionada. Tras la recepción del salto, el FT provocó un desequilibrio en el paciente sometiéndole a una fuerza a través de un Theraband que previamente había colocado en la cintura del paciente. El ejercicio se realizó posteriormente con la extremidad sana. Posteriormente el paciente se situó a tres metros del Bosu® el ejercicio empezó con una carrera de aproximación, cuando el paciente estuvo cerca del Bosu® realizó un salto hacia delante y arriba recepcionando el salto con la pierna intervenida. El ejercicio se realizó también recepcionando el salto con la pierna sana. Tras la finalización del ejercicio, el paciente realizó la misma acción que

en el ejercicio anterior pero una vez hubo recepcionado el salto, el FT le lanzó una pelota que tuvo que coger con las dos manos. Los dos ejercicios enumerados anteriormente también fueron realizados con desplazamientos y saltos laterales. El tiempo empleado fue de 10 minutos.

Con el objetivo de que los pacientes se reincorporaran a los entrenamientos y a la competición de manera gradual y para que volvieran a integrar la fuerza y la coordinación mediante las tareas anteriormente propuestas, las actividades en este periodo se volvieron progresivamente más complejas mediante la incorporación de componentes de velocidad, impacto, cambios del centro de gravedad en acciones complejas combinándolas con maniobras de más de un movimiento y más de una dirección o plano de movimiento. Estas acciones fueron diseñadas para alcanzar el acondicionamiento, la intensidad y la complejidad de movimiento adecuados para satisfacer las necesidades de cada individuo con el objetivo de volver primero a los entrenamientos y posteriormente a la competición. En esta fase del protocolo y debido a la reincorporación a los entrenamientos, los pacientes trabajaron con deportistas sanos que tenían necesidades similares, circunstancia que permitió enfatizar en el fortalecimiento funcional, en la agilidad, en el entrenamiento deportivo específico y en la motivación.



Intensificación del trabajo realizado en la fase anterior.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó el software IBM-SPSS versión 22. Las variables cuantitativas se expresaron como la media o la mediana junto a la desviación estándar mientras que las variables cualitativas expresaron como frecuencia y porcentaje.

Se comprobó que la distribución de estas variables se ajustaba a la normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de las variables continuas se utilizó el test de t-student y el análisis de varianza (ANOVA) o bien sus alternativas no paramétricas, prueba de los rangos con signo de Wilcoxon y el test de Kruskal-Wallis. Las variables categóricas se expresaron como frecuencias y porcentajes.

El nivel de significación fue del 5% bilateral, considerándose significativos de diferencias los p-valor < 0.05.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

RESULTADOS.

Sujetos de estudio.

Un total de 214 deportistas aceptaron voluntariamente participar en el estudio. Posteriormente 46 sujetos fueron excluidos del estudio al no cumplir los criterios de inclusión. La muestra final del estudio estaba compuesta por ciento sesenta y ocho sujetos (n=168).

Análisis Descriptivo.

Se realizó un análisis descriptivo de las diferentes variables para un total de 168 participantes (N=168) intervenidos quirúrgicamente para reconstruir el LCA que fueron evaluados isocinéticamente después de la intervención quirúrgica. Tabla 1.

El análisis descriptivo se realizó utilizando los valores referentes a la velocidad isocinética de 90°/seg. La rodilla lesionada predominante fue la derecha en el 96 de los casos (57%) mientras que la rodilla izquierda se lesionó en 72 casos (42%). Tabla 2. Gráfica 1.

En cuanto al género 128 (76%) participantes eran del sexo masculino y 40 (23,8%) del sexo femenino. Tabla 3. Gráfica 2.

La técnica quirúrgica más empleada para la reparación del LCA fue la del ST con 120 (71,4%) seguida de HTH 34 (20,2%), injerto del isquiotibial en 4 haces (TLS DT4) 9 (5,4%), tensor de la fascia lata (TFL) 4 (2,4%), injerto de cadáver 1 (0,6%). Tabla 4. Gráfica 3.

Por otro lado 138 casos (82,1%) no presentaban lesiones asociadas mientras que 11 casos (6,5%) llevaban asociados lesiones en el ligamento lateral medial, 8 casos con lesión en el menisco interno (4,8%) los mismos que en el menisco externo (4,8%), en 1

caso (0,6%) la lesión afectaba a los dos meniscos, se encontraron dos casos de lesiones de meniscos asociadas a ligamentos. 1 caso de menisco interno más ligamento colateral medial (0,6%) y otro de menisco externo y ligamento colateral medial (0,8%). Tabla 5. Gráfica 4.

La valoración isocinética se realizó en 3 intervalos de tiempo, 77 casos (45,8%) fueron evaluados entre los 4 y 6 meses después de la intervención quirúrgica, 70 (41,7%) lo fueron entre los 6 y 8 meses y 21 (12,5%) se les evaluó pasados más de 8 meses desde la intervención. Tabla 6. Gráfica 5.

El deporte asociado a la lesión en la mayoría de los casos fue el rugby 59 casos (35,1%), seguido del fútbol 33 (19,6%) y del baloncesto 18 (10,7%), balonmano 9 (5,4%), tenis 5 (3%), motociclismo 5 (3%), equitación 2 (1,2%), judo 7 (4,2%), bádminton 2 (1,2%), pelota 1 (6%), karate 2 (1,2%), atletismo 1 (0,6%), ski 7 (4,25), snow 2 (1,2%), danza 1 (0,6%), gimnasia 2 (1,2%), hockey 2 (1,2%), boxeo 2 (1,2%), vóley 2 (21,2%), BTT 4 (2,4%), surf 1 (0,6%), socorrista 1 (0,6%). Tabla 7. Gráfica 6.

Tabla 1. Características de los participantes.

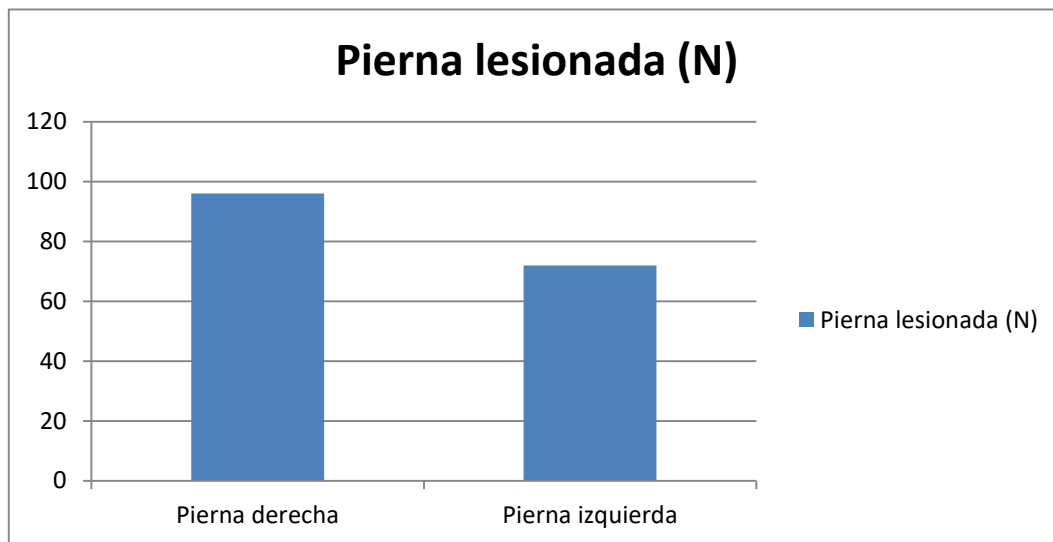
Características descriptivas	N	Media±DS	Mínimo	Mediana	Máximo
Edad, años	168	26,04 ± 6,83	15	25	58
Peso, kg	168	74,39±13,28	48	73	117
Altura, m	168	1,75±0,084	1,51	1,76	1,94
BMI, puntos	165	42,11±6,04	28,70	41,71	60,56

DS: Desviación Standard. BMI: Índice de masa corporal.

Tabla 2. Frecuencia pierna lesionada.

Pierna lesionada	Frecuencia	Porcentaje
Izquierda	72	42,9
Derecha	96	57,1

Gráfica 1. Pierna lesionada.

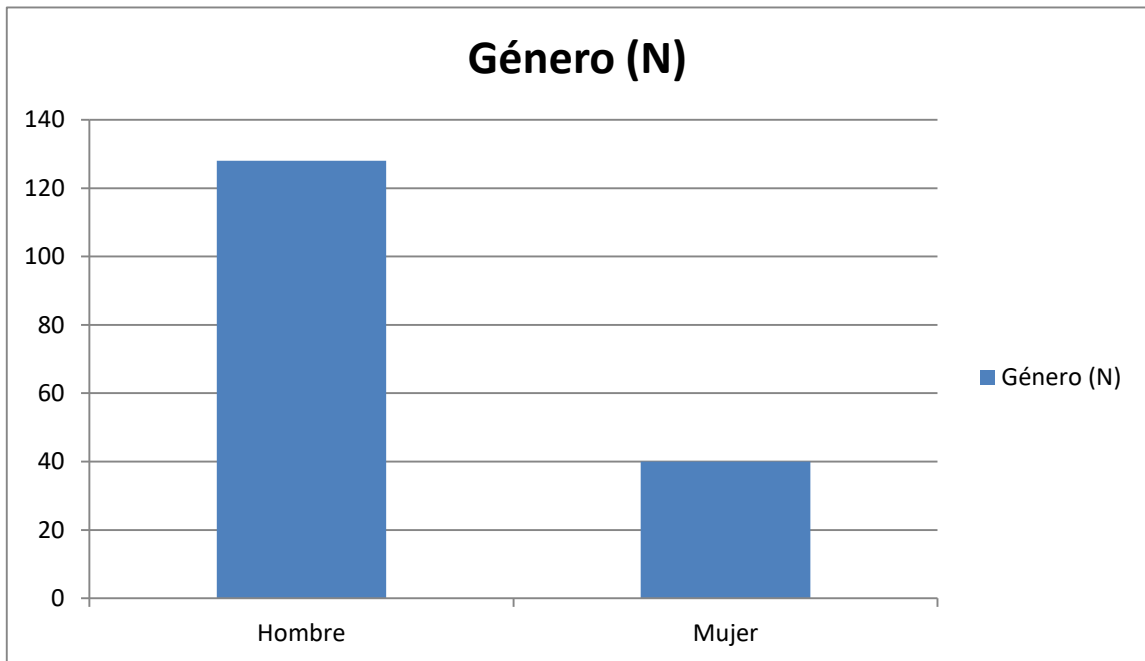


Gráfica 1. Las barras representan la frecuencia de deportistas que sufren la lesión en la pierna derecha o en la izquierda.

Tabla 3. Frecuencia del género.

Género	Frecuencia (N)	Porcentaje
Mujer	40	23,80
Hombre	128	76,20

Gráfica 2. Género.



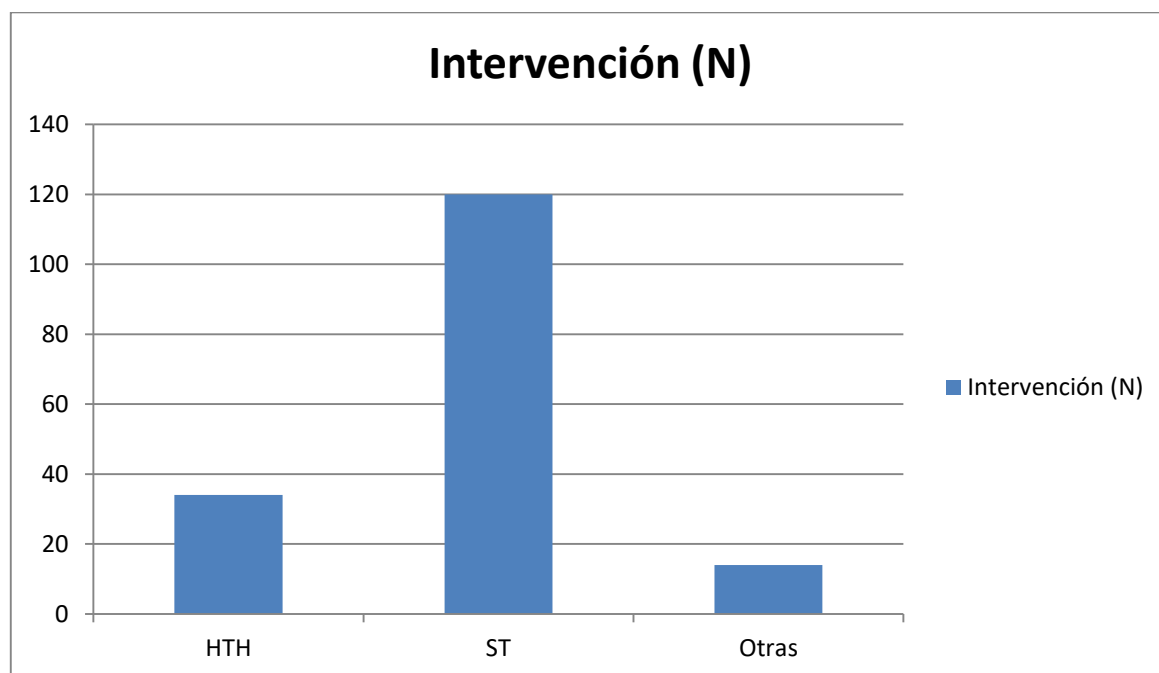
Gráfica 2. Las barras representan el número de deportistas de la muestra separados por género.

Tabla 4. Frecuencia del tipo de intervención quirúrgica.

Intervención	Frecuencia (N)	Porcentaje
HTH	34	20,2
ST	120	71,4
TLS DT4	9	5,4
TFL	4	2,4
Cadáver	1	0,6
Total	168	100

HTH. Intervención con un injerto hueso tendón hueso. ST. Intervención con un injerto del semitendinoso en 4 haces. TLS DT4. Intervención con el tensor de la fascia lata TFL. Intervención con un injerto del tensor de la fascia lata. Cádaver, intervención con un injerto de un cadáver.

Gráfica 3. Tipo de intervención quirúrgica.

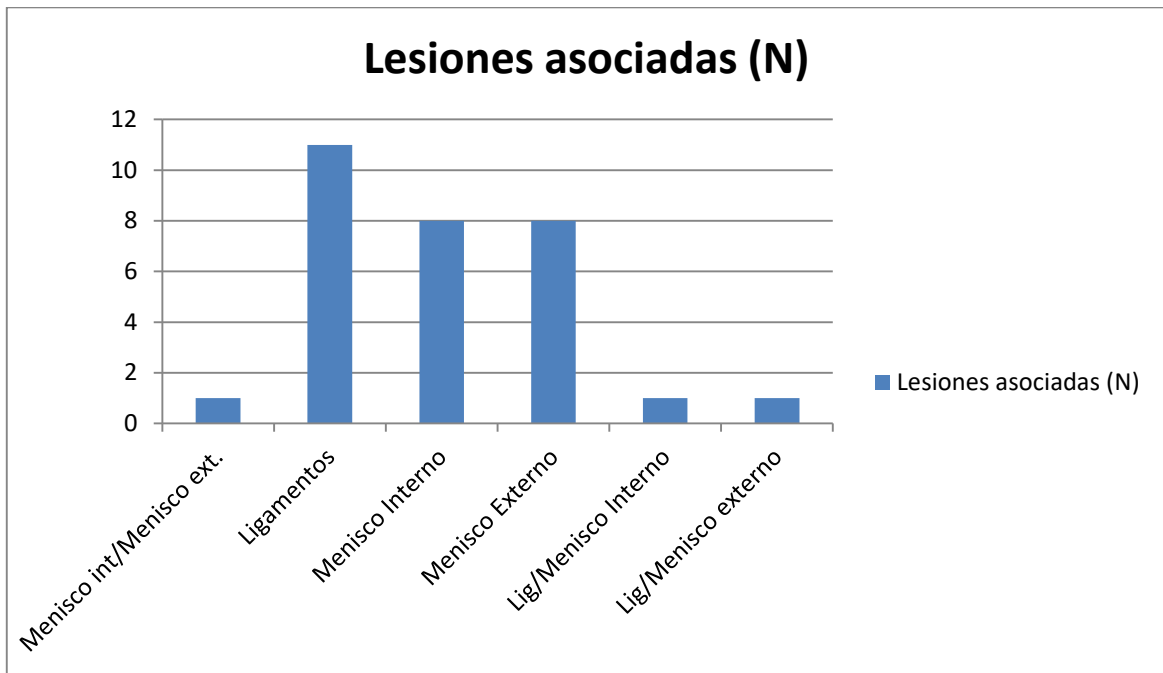


Gráfica 3. Las barras representan el número de deportistas intervenidos con cada tipo de injerto.

Tabla 5. Frecuencia de lesiones asociadas.

Lesiones asociadas	Frecuencia (N)	Porcentaje
Sin lesión	138	82,1
Menisco Interno / Menisco Externo	1	0,6
Ligamento	11	6,5
Menisco Interno	8	4,8
Menisco Externo	8	4,8
Lig./Menisco Interno	1	0,6
Lig./Menisco Externo	1	0,6

Gráfica 4. Lesiones asociadas.

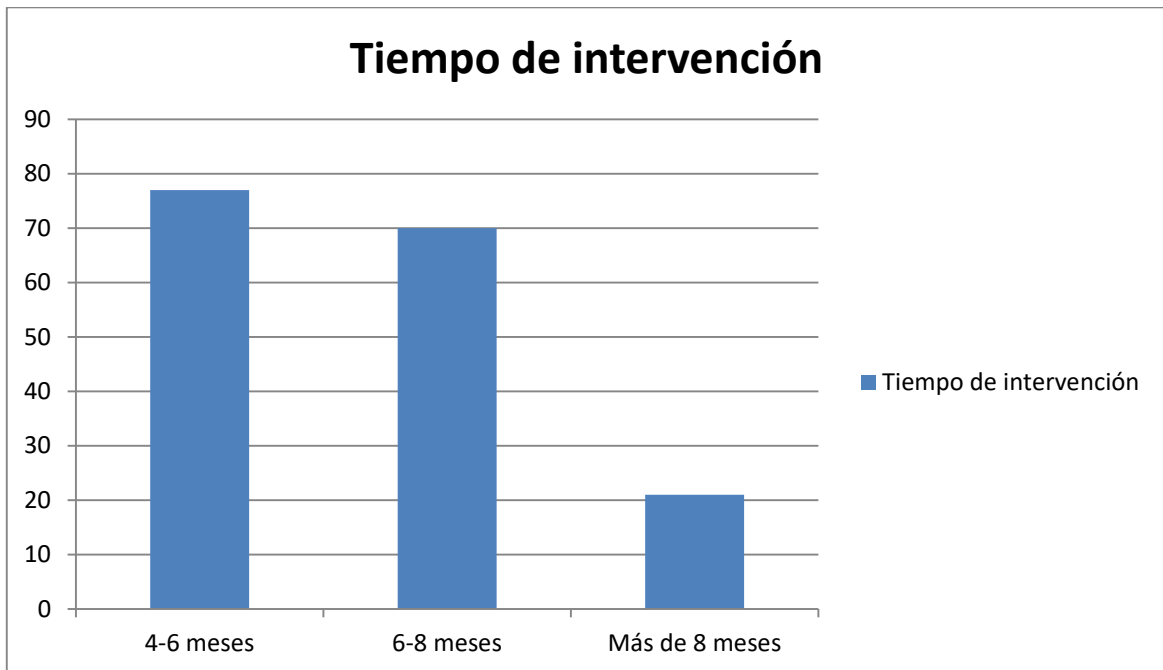


Gráfica 4. Las barras representan el número de deportistas con lesiones asociadas al LCA.

Tabla 6. Frecuencia del tiempo entre la intervención y la valoración en meses.

Tiempo entre intervención y valoración MESES codificado	Frecuencia (N)	Porcentaje
4-6 meses	77	45,8
6-8 meses	70	41,7
Más 8 meses	21	12,5

Gráfica 5. Tiempo de la intervención.



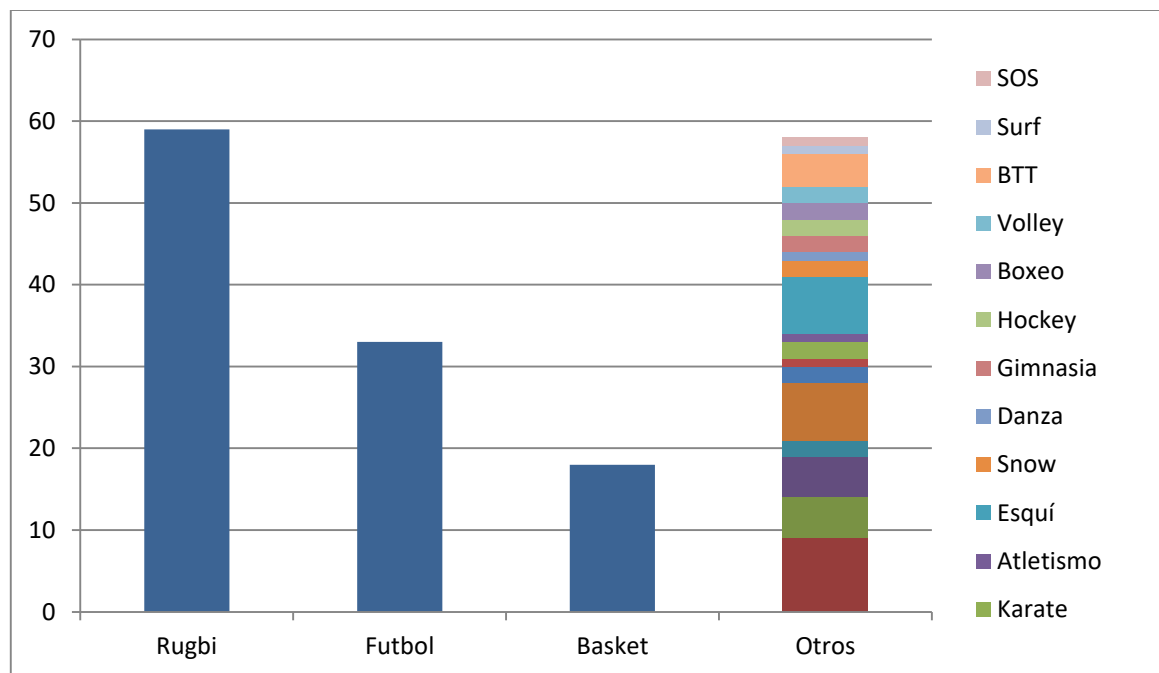
Gráfica 5. Las barras señalan el número de pacientes valorados en cada uno de los intervalos de tiempo.

Tabla 7. Frecuencia del deporte practicado.

Deporte	Frecuencia (N)	Porcentaje
Futbol	33	19,64
Balonmano	9	5,36
Tenis	5	2,98
Motociclismo	5	2,98
Rugbi	59	35,12
Equitacion	2	1,19
Judo	7	4,17
Basket	18	10,71
Badminton	2	1,19
Pelota	1	0,6
Karate	2	1,19

Deporte	Frecuencia (N)	Porcentaje
Atletismo	1	0,6
Ski	7	4,17
Snow	2	1,19
Danza	1	0,6
Gym	2	1,19
Hockey	2	1,19
Boxeo	2	1,19
Volley	2	1,19
BTT	4	2,38
Surf	1	0,6
SOS	1	0,6

Gráfica 6. Deportes practicados.



Gráfica 6. Las barras muestran el número de deportistas que practican cada deporte.

Tabla 8. Análisis de las variables de interés obtenidas de la valoración isocinética.

Variable	N	Media±Desv. Std.	Mínimo	Mediana	Máximo
Fuerza máxima isquiotibiales. Lado lesionado en acción excéntrica, N	168	154,73±50,72	38,9	149,2	296,6
Fuerza máxima isquiotibiales. Lado sano en acción excéntrica, N	168	163,19±46,95	59,9	165,7	298,2
Deficit lado sano Vs lesionado Fuerza Máxima Isquiotibiales en acción Excéntrica, N	168	4,87±16,39	-30,9	4,6	61,8
Potencia Isquiotibiales. Lado lesionado en acción excéntrica, W	168	119,36±39,38	30,4	115,7	241,1
Potencia isquiotibiales. Lado sano en acción excéntrica, W	168	130,25±37,31	47,5	131,65	226,2
Déficit lado sano Vs lesionado. Potencia. Isquiotibiales en acción excéntrica, W	168	8,01±16,47	-52,4	7,9	52,3
Trabajo Total Isquiotibiales. Lado lesionado en acción excéntrica, J	168	980,14±316,06	236,3	950,55	1967,7
Trabajo Total Isquiotibiales. Lado sano en acción excéntrica, J	168	1065,03±306,85	399	1086,45	1854,5

Variable	N	Media±Desv. Std.	Mínimo	Mediana	Máximo
Déficit lado sano Vs lesionado Trabajo total Isquiotibiales en acción excéntrica, J	168	7,52±16,23	-52,8	8,4	52,5
Pico par peso. Lado lesionado Isquiotibiales en acción excéntrica, %	168	206,08±55,58	19,3	198,95	361
Pico par peso. Lado sano Isquiotibiales en acción excéntrica, %	168	218,12±47,03	104	212,4	359,9
Déficit lado sano Vs Lesionado. Pico par peso Isquiotibiales en acción excéntrica %	168	5,29±17,38	-35,2	4,95	86,7
Fuerza máxima. Cuádriceps. Lado lesionado en acción excéntrica, N	168	243,16±88,21	29,3	239,7	556,4
Fuerza máxima Cuádriceps. Lado sano en acción excéntrica, N	168	274,2±90,06	24,3	270,95	561,7
Déficit lado sano Vs lesionado. Fuerza máxima cuádriceps en acción excéntrica, N	168	9,504±21,91	-61,2	8,6	57,8
Potencia cuádriceps. Lado lesionado en acción excéntrica, W	168	151,2±57,82	9,8	145,85	345
Potencia cuádriceps. Lado sano. Acción excéntrica, W	168	162,55±58,57	10,7	158,4	361,4

Variable	N	Media±Desv. Std.	Mínimo	Mediana	Máximo
Déficit lado sano Vs Lesionado. Potencia cuádriceps en acción excéntrica, W	168	3,93±26,12	-96,2	4,45	63,8
Trabajo total cuádriceps. Lado lesionado en acción excéntrica J	168	1215,89±466,72	81,6	1181,85	2610,9
Trabajo total cuádriceps. Lado sano en acción excéntrica, J	168	1307,14±486,21	89,5	1298,35	2692,6
Déficit lado sano Vs lesionado. Trabajo total cuádriceps en acción excéntrica, J	168	3,67±27,06	-102,1	4	63,6
Pico par peso. Lado lesionado. Cuádriceps en acción excéntrica, %	168	331,11±204,24	28,7	309,4	2665,7
Pico par peso. Lado sano. Cuádriceps en acción excéntrica.	168	360,24±93,9	34,8	354,85	586,4
Déficit lado sano Vs lesionado. Pico par peso. Cuádriceps en acción excéntrica, %	168	4,04±69,6	-771,1	8,5	90,7
Fuerza máxima Isquiotibiales. Lado lesionado en acción excéntrica, N	168	106,32±33,19	41,8	105,4	279,2
Fuerza máxima Isquiotibiales. Lado sano en acción concéntrica, N	168	116,15±36,74	51,1	116	330,7

Variable	N	Media±Desv. Std.	Mínimo	Mediana	Máximo
Déficit lado sano Vs Lesionado. Fuerza máxima Isquiotibiales en acción concéntrica, N	168	7,73±12,36	-17,6	6,45	48,4
Potencia Isquiotibiales lado lesionado en acción concéntrica, W	168	109,78±32,89	39,3	109,2	200,2
Potencia Isquiotibiales. Lado sano en acción concéntrica, W	168	122,01±33,14	45,7	125	230
Déficit lado sano Vs Lesionado Potencia Isquiotibiales en acción excéntrica, W	168	9,6±14,41	-36,7	8,8	51,5
Trabajo total Isquiotibiales. Lado lesionado en acción concéntrica, J	168	725,4±515,14	245,8	683,35	6806,6
Déficit lado sano Vs Lesionado. Trabajo total Isquiotibiales en acción concéntrica, J	168	7,44±44,66	-534,8	9,75	53,4
Pico par peso. Lado lesionado Isquiotibiales en acción concéntrica, %	168	139,62±28,42	68,5	140,4	205
Pico par peso. Lado sano. Isquiotibiales en acción concentric, %	168	151,08±28,77	71,4	149,5	223,1
Déficit lado sano Vs Lesionado. Pico par peso Isquiotibiales en acción concéntrica, %	168	6,79±15,57	-122	6,35	45,5

Variable	N	Media±Desv. Std.	Mínimo	Mediana	Máximo
Fuerza máxima cuádriceps. Lado lesionado en acción concéntrica, N	168	166,49±53,33	63	163,4	344,2
Fuerza máxima cuádriceps. Lado sano en acción concéntrica, N	168	202,48±51,15	94,9	204,8	356,8
Déficit lado sano Vs Lesionado. Fuerza máxima cuádriceps en acción concéntrica, N	168	17,69±15,87	-32	17,8	62,9
Potencia cuádriceps. Lado lesionado en acción concéntrica, W	168	169,23±52,93	70,6	167,95	352,2
Potencia cuádriceps lado sano en acción concéntrica, W	168	207,8±134	25,2	204,7	1788,2
Déficit lado sano Vs Lesionado. Potencia Cuádriceps en acción concéntrica, W	168	11,32±53,54	-644,8	14,05	92,8
Trabajo total cuádriceps. Lado lesionado en acción concéntrica, J	168	1018,2±296,21	438,5	1019,2	2074,5
Trabajo total cuádriceps. Lado sano en acción concéntrica, J	168	1211,72±310,42	510,9	1213,55	2132,6
Déficit lado sano Vs Lesionado. Trabajo total cuádriceps en acción concéntrica, J	168	15,38±15,13	-45,7	15,9	53,1

Variable	N	Media±Desv. Std.	Mínimo	Mediana	Máximo
Pico par peso lado lesionado. cuádriceps en acción concéntrica %	168	222,77±51,09	97	220,5	353,3
Pico par peso. Lado sano Cuádriceps en acción concéntrica %	168	268,27±50,48	36,1	270,05	405,2
Déficit lado sano Vs Lesionado. Pico par peso Cuádriceps en acción concéntrica %	168	10,8±63,83	-598,3	17,35	54,4
Tiempo entre intervención y valoración. Meses	168	6,24±1,24	4	6,1	9,2
Ratio H/Q. Lado lesionado, N	168	0,96±0,28	0,43	0,93	1,82
Ratio H/Q. Lado sano, N	168	0,81±0,15	0,36	0,8	1,52

Análisis de Inferencia

Para todas las variables numéricas se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar que se ajustasen a normalidad, siendo así para todas con excepción del “Déficit lado sano vs. lesionado. Pico par Cuádriceps”, “Déficit lado sano vs. lesionado Trabajo total Isquiotibiales y Cuádriceps”, “Trabajo total. Isquiotibiales lado lesionado”, “Potencia Cuádriceps lado sano” y la altura.

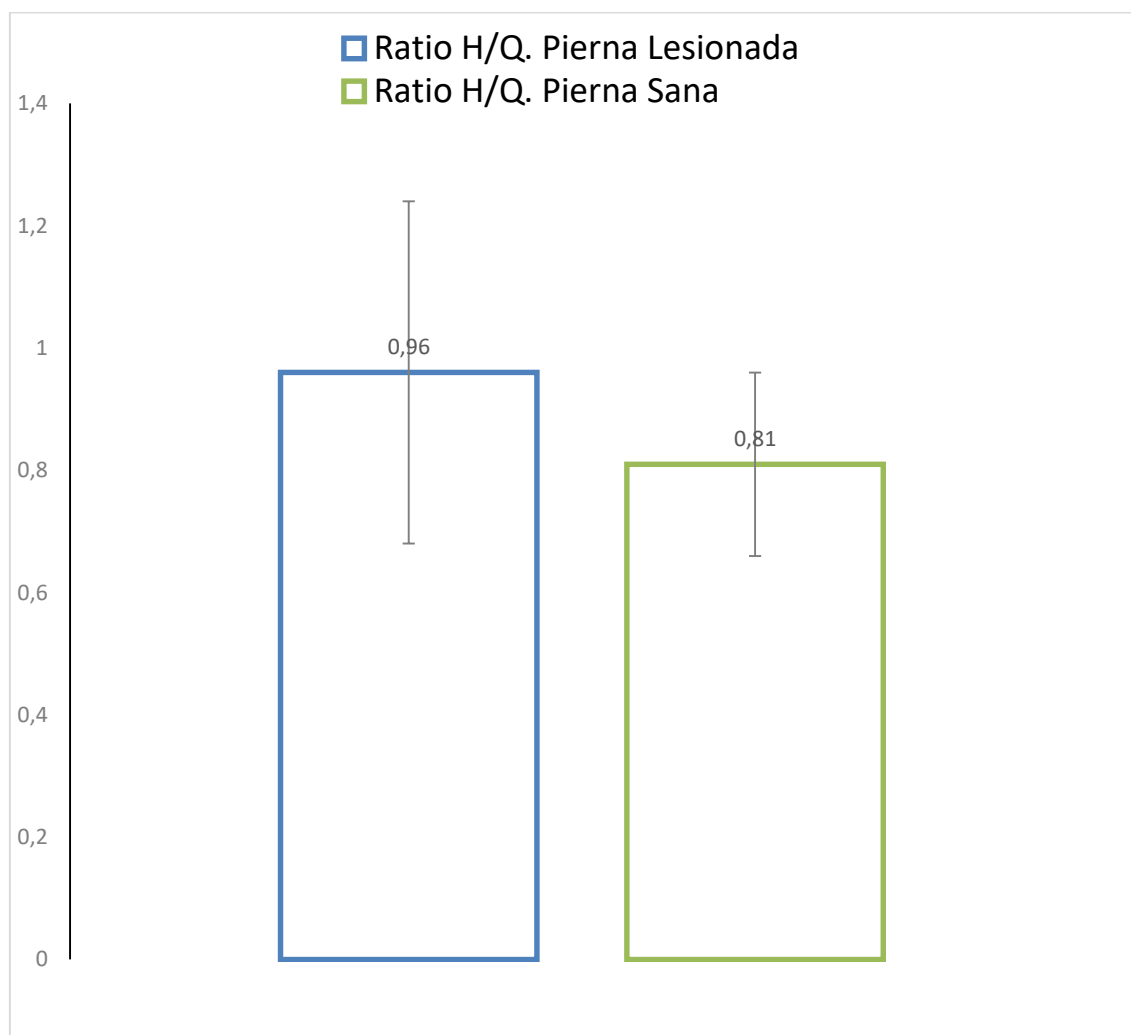
Se realizó un análisis de las Ratio H/Q tanto de la pierna sana como de la lesionada según la pierna lesionada mediante un test t-student. Tabla 9

Tabla 9. Análisis de las Ratio de la pierna sana y de la pierna lesionada.

Variables	N	Media \pm Desv Std	P-valor
Ratio H/Q. Pierna Lesionada	168	0,96 \pm 0,28	<0,001
Ratio H/Q. Pierna Sana	168	0,81 \pm 0,15	

Las diferencias entre los ratios de la pierna sana y la pierna lesionada resultaron estadísticamente significativas, obteniendo un valor de ratio mayor en las piernas lesionadas que las sanas (p-valor<0,001).

Gráfica 7. Ratios H/Q de la pierna sana y de la pierna lesionada.



Gráfica 7. En la gráfica de cajas y bigotes, se muestra que la ratio H/Q es mayor en la pierna lesionada que en la sana.

También se estudiaron los valores de Ratio entre la pierna izquierda y la pierna derecha, diferenciando si estas estaban en la pierna sana o en la lesionada. Tabla 10

Tabla 10. Ratio entre la pierna izquierda y la pierna derecha, en relación con la pierna sana o la lesionada

Variables	N	Pierna lesionada	Media±Desv Std	P-valor
Ratio H/Q. Lado lesionado	72	Izquierda	0,9±0,24	0,013
	96	Derecha	1±0,29	
Ratio H/Q. Lado Sano	72	Izquierda	0,8±0,14	0,714
	96	Derecha	0,81±0,17	

Las diferencias para la pierna lesionada entre derecha e izquierda cuyas medias de Ratio eran de 1 en la pierna derecha y 0,9 en la pierna izquierda, resultaron estadísticamente significativas (p-valor =0,013), mientras que para las piernas sanas los Ratios no presentaron diferencias estadísticamente significativas siendo el (p-valor= 0,714).

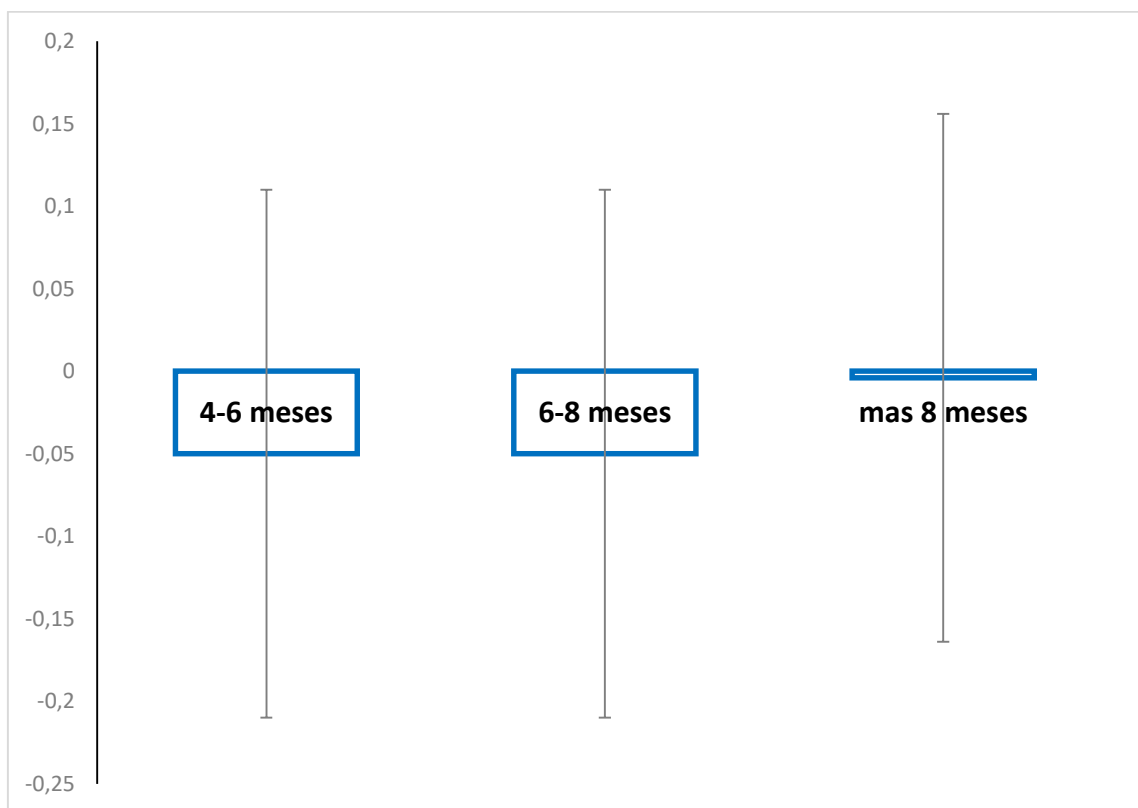
Seguidamente se analizó la dependencia de la ratio con respecto al momento en que se realizó la evaluación, diferenciando los intervalos evaluados, entre los 4 y 6 meses después de la intervención quirúrgica, entre los 6 y 8 meses y pasados más de 8 meses desde la intervención. Tabla 11.

Tabla 11. Relación entre la ratio y el tiempo de la intervención.

Variable	Tiempo entre intervencion y valoracion MESES codificado	N	Media	Desv. Est.	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	F	p-valor
					Límite inferior	Límite superior				
Ratio H/Q. Lado lesionado	4-6 meses	77	-0,05	0,16	-0,09	-0,02	-0,62	0,25	0,901	0,408
	6-8 meses	70	-0,05	0,16	-0,09	-0,01	-0,49	0,27		
	mas 8 meses	21	-0,004	0,18	-0,08	0,07	-0,34	0,31		
	Total	168	-0,04	0,16	-0,07	-0,02	-0,62	0,31		
Ratio H/Q. Lado sano	4-6 meses	77	-0,16	0,14	-0,19	-0,13	-0,54	0,32	0,563	0,571
	6-8 meses	70	-0,18	0,16	-0,22	-0,14	-0,63	0,14		
	mas 8 meses	21	-0,2	0,16	-0,27	-0,12	-0,54	0,19		
	Total	168	-0,17	0,15	-0,20	-0,15	-0,63	0,32		

Los resultados evidenciaron que no existían diferencias estadísticamente significativas tanto en la pierna sana ($F= 0,563$; $p\text{-valor} = 0,571$) como era de esperar, como para la pierna lesionada ($F= 0,901$; $p\text{-valor}= 0,408$). Así se puede concluir que el momento de la evaluación, siempre que se haga a partir de los 4 meses, no depende que el resultado de la Ratio sea mejor o peor. Como se muestra en la gráfica 8.

Gráfica 8. Ratio y tiempo de la intervención.



Gráfica 8. En la gráfica de cajas y bigotes, se muestra que el momento de la intervención no influye en la ratio H/Q.

Para analizar la relación entre la ratio H/Q y el deporte practicado se realizó un análisis de varianzas (ANOVA). Los deportes se agruparon en 4 categorías, de la siguiente manera: futbol ($n=33$), rugby ($n=59$), basket ($n=18$) y otros. En la categoría otros, se

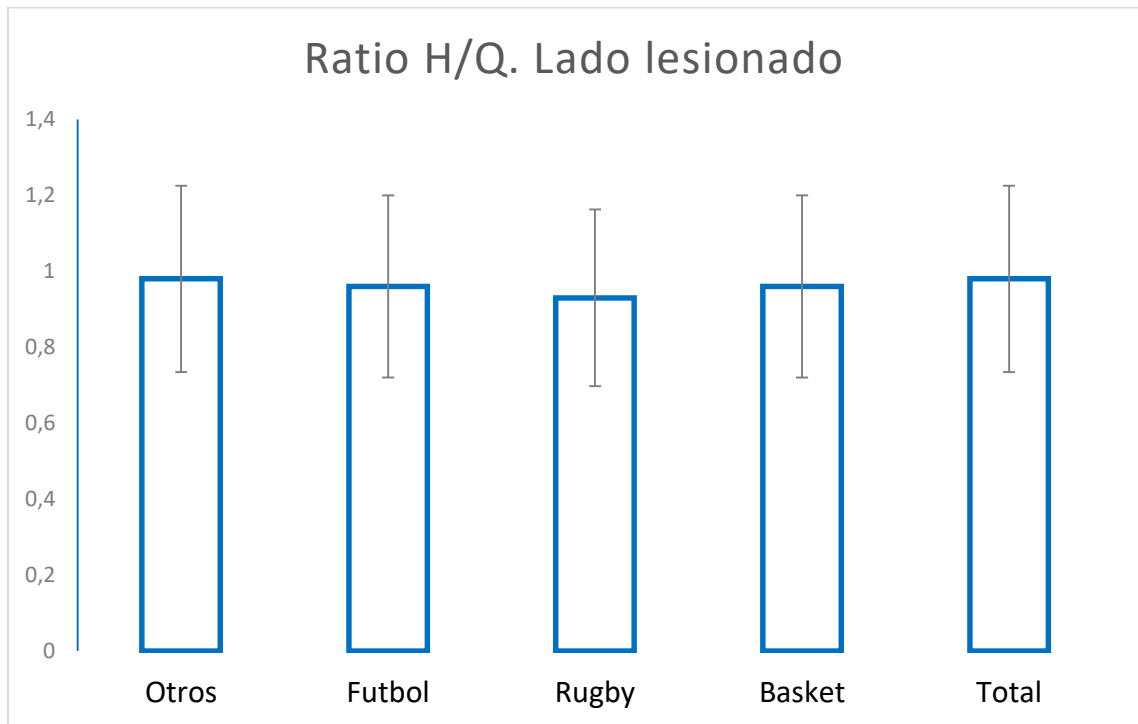
agruparon deportes con un número menor a 10 profesionales en la muestra total de pacientes, n=58). Tabla 12

Tabla 12. Relación entre la ratio y el deporte practicado.

Ratio H/Q. Lado lesionado	N	Media±Desv Std	Intervalo de confianza para la media al 95%	Mínimo	Máximo
Deportes					
Otros	58	0,98±0,3	0,9 - 1,06	0,43	1,72
Futbol	33	0,96±0,25	0,88 - 1,05	0,53	1,59
Rugby	59	0,93±0,25	0,86 - 0,99	0,47	1,66
Basket	18	0,96±0,32	0,80 - 1,13	0,58	1,82
Total	168	0,96±0,28	0,92 - 1	0,43	1,82

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la ratio en la pierna lesionada y el deporte practicado ($F= 0,395$; p -valor = $0,756$), como se observa en la gráfica 9. Tampoco existen diferencias estadísticamente significativas entre el deporte y la ratio en la pierna sana ($F=0,655$; p -valor= $0,581$).

Gráfica 9. Ratio y deporte practicado.



Gráfica 9. En la gráfica de cajas y bigotes, se muestra que el ratio H/Q en la pierna lesionada no guarda relación con el deporte practicado.

Una vez analizada la relación entre deporte practicado y ratio H/Q se analizó la relación entre el ratio y el género de los deportistas de la muestra. Tabla 13.

Tabla 13. Relación entre el ratio y deporte practicado.

Variables	Genero	N	Media±Desv Std	T	P-valor
Ratio H/Q. Lado lesionado. N	Mujer	40	0,92±0,28	-1,02	0,309
	Hombre	128	0,97±0,27		
Ratio H/Q. Lado sano. N	Mujer	40	0,79±0,14	-0,82	0,412
	Hombre	128	0,81±0,16		

En referencia al análisis de la ratio relacionadas con el género, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres tanto en la pierna sana (p-valor= 0,412) como en la pierna lesionada (p-valor= 0,309).

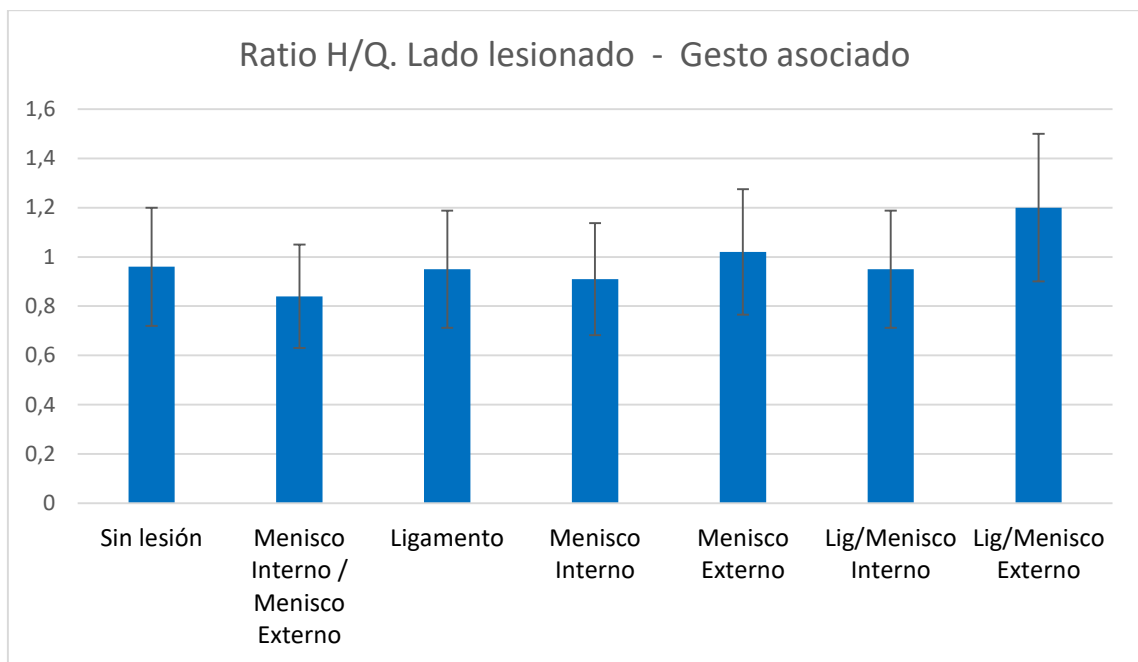
En la muestra obtenida se observaron 30 deportistas que presentaban lesiones asociadas al LCA. Para realizar el estudio comparativo entre la relación de la ratio H/Q y la existencia de lesiones asociadas se realizó un análisis de varianzas (ANOVA).Tabla 14.

Tabla 14. Relación entre ratio y lesiones asociadas.

Variable	Lesiones asociadas	N	Media±Desv Std	Intervalo de confianza para la media al 95%	Mínimo	Máximo
Ratio H/Q. Lado lesionado	Sin lesión	138	0,96±0,28	0,91 - 1	0,43	1,82
	Menisco Interno / Menisco Externo	1	0,84		0,84	0,84
	Ligamento	11	0,95±0,31	0,74 - 1,16	0,58	1,59
	Menisco Interno	8	0,91±0,27	0,68 - 1,14	0,53	1,45
	Menisco Externo	8	1,02±0,29	0,77 - 1,27	0,78	1,72
	Lig/Menisco Interno	1	0,95		0,95	0,95
	Lig/Menisco Externo	1	1,2		1,2	1,2
	Total	168	0,96±0,28	0,92 - 1	0,43	1,82

Tras analizar los resultados se observó que las diferentes lesiones asociadas no estaban estadísticamente relacionadas de forma significativa con la ratio de la pierna lesionada obteniendo unos valores de ($F=0,257$; $p\text{-valor}=0,932$). Gráfica 10.

Gráfica 10. Ratio y lesiones asociadas.



Gráfica 10. En la gráfica de cajas y bigotes, se muestra que la ratio H/Q no guarda relación con la existencia de lesiones asociadas.

Análisis estadístico de la diferencia de fuerzas implicadas en la ratio H/Q.

Tras analizar los resultados obtenidos, se procedió a analizar las diferencias para cada paciente, de fuerza máxima de la musculatura isquiotibial en acción excéntrica y del cuádriceps en acción concéntrica en la pierna lesionada con respecto a la sana. Para ello se aplicó la siguiente expresión algebraica:

$$\text{Diferencial (\%)} = (\text{fuerza máx. lesionada} - \text{fuerza máx. sana}) / \text{fuerza máx. sana} * 100$$

Las nuevas variables calculadas según la expresión fueron: Diferencial de fuerza máxima de los isquiotibiales en acción excéntrica y diferencial de fuerza máxima del cuádriceps en acción concéntrica. Ambas variables cumplieron condiciones de normalidad en el test de Kolmogorov-Smirnov, por lo que se aplicaron test de tipo paramétrico para su estudio.

En los resultados obtenidos se observó un gran diferencial entre fuerzas para los isquiotibiales y el cuádriceps, siendo el diferencial mayor en el caso del Cuádriceps. Estos valores son los que han causado que las ratios calculadas para las piernas lesionadas, adquirieran valores mayores que en las sanas, pues el denominador de la expresión de las ratios, fuerza máxima del cuádriceps en acción concéntrica, tiene un valor mucho menor del que se podría esperar. Tabla 15.

Tabla 15. Diferencias de fuerza entre la musculatura Isquiotibial y Cuádriceps.

Variables	N	Media±Desv Std	Mínimo	Mediana	Máximo	p-valor
Diferencia fuerza max Isq. Exc.,N	168	-4,88%±16,4%	-62%	-4,61%	31%	<0,001
Diferencia fuerza max Quadriiceps Conc.,N	168	-17,69%±15,88%	-63%	-17,8%	32%	

A continuación se evaluó la relación entre el diferencial de fuerza y los dos tipos de intervención. Tabla 16.

Tabla 16. Relación entre el diferencial de fuerza y tipo de intervención.

Variables	Intervención	N	Media±Desv Std	p-valor
Diferencia fuerza max Isquiotibiales. Acción excéntrica, N.	HTH	34	5,67%±15,66%	<0,001
	ST	120	-7,9%±15,54%	
Diferencia fuerza max. Cuadriceps. Acción concéntrica, N.	HTH	34	-23,05%±15%	0,036
	ST	120	-16,5%±16,13%	

Los resultados obtenidos señalan que el tipo de intervención fue estadísticamente significativo para los diferenciales de fuerza, tanto para los isquiotibiales en acción excéntrica ($p\text{-valor}<0,001$) como para el cuádriceps en acción concéntrica ($p=0,036$).

Con el objetivo de realizar el análisis de las fuerzas por deportes se realizó un ANOVA. En los resultados obtenidos no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Tabla 17.

Tabla 17. Relación entre la diferencia de fuerza y el deporte.

Variables	Deportes	N	Media±Desv Std	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	F	P-valor
Diferencia fuerza max Isq.Exc.,N	Otros	58	-0,04±0,17	-0,08	0,001	-0,62	0,25	0,309	0,819
	Futbol	33	-0,05±0,17	-0,11	0,007	-0,37	0,27		
	Rugby	59	-0,05±0,15	-0,1	-0,01	-0,49	0,31		
	Basket	18	-0,01±0,14	-0,08	0,05	-0,32	0,22		
	Total	168	-0,04±0,16	-0,07	-0,02	-0,62	0,31		
Diferencia fuerza max. Quadr. conc.,N	Otros	58	-0,19±0,14	-0,22	-0,15	-0,53	0,23	0,307	0,82
	Futbol	33	-0,17±0,14	-0,23	-0,12	-0,54	0,1		
	Rugby	59	-0,16±0,16	-0,21	-0,12	-0,48	0,32		
	Basket	18	-0,15±0,21	-0,26	-0,04	-0,63	0,09		
	Total	168	-0,17±0,15	-0,20	-0,15	-0,63	0,32		

Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas en el género.

Tabla 18.

Tabla 18. Relación entre la diferencia de fuerza y el género.

Variables	Género	N	Media±Desv Std	p-valor
Diferencia fuerza max Isq.Exc.,N	Mujer	40	-0,08±0,17	0,117
	Hombre	128	-0,03±0,16	
Diferencia fuerza max. Quadr. conc.,N	Mujer	40	-0,19±0,15	0,553
	Hombre	128	-0,17±0,15	

Por lo que respecta al momento de la evaluación post-intervención, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Tabla 19.

Tabla 19. Relación entre la diferencia de fuerza y el tiempo de intervención.

Variables	Tiempo entre intervención y valoración		Media±Desv Std	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	F	P-valor
	MESES codificado	N							
Diferencia Fuerza max. Isq. Exc, N	4-6 meses	77	-0,05±0,16	-0,09	-0,02	-0,62	0,25	0,901	0,408
	6-8 meses	70	-0,05±0,16	-0,09	-0,01	-0,49	0,27		
	mas 8 meses	21	-0,004±0,18	-0,08	0,07	-0,34	0,31		
	Total	168	-0,04±0,16	-0,07	-0,02	-0,62	0,31		
Diferencia fuerza max. Cuadr. Conc, N	4-6 meses	77	-0,16±0,14	-0,19	-0,13	-0,54	0,32	0,563	0,571
	6-8 meses	70	-0,18±0,16	-0,22	-0,14	-0,63	0,14		
	más 8 meses	21	-0,2±0,16	-0,27	-0,12	-0,54	0,19		
	Total	168	-0,17±0,159	-0,20	-0,15	-0,63	0,32		

Para finalizar el análisis estadístico de este estudio, se procedió a analizar la ratio H/Q y los dos tipos de intervención quirúrgica predominantes en la muestra Tabla 20.

Tabla 20. Relación entre la ratio y el tipo de intervención.

Variables	Intervencion	N	Media±Desv Std	p-valor
Ratio.H/Q. Lado lesionado	HTH	34	1,14±0,3	<0,001
	Semi	120	0,91±0,26	
Ratio H/Q. Lado sano.	HTH	34	0,81±0,13	0,922
	Semi	120	0,8±0,16	

Al estudiar las ratios para estos dos tipos de intervención quirúrgica predominantes en la muestra de estudio se observaron diferencias estadísticamente significativas para la pierna lesionada entre HTH y ST, donde HTH adquiriría una media de valores de ratio más elevada. Esta media de ratio más elevada se relaciona con una pérdida de fuerza mucho mayor en el cuádriceps que en los isquiotibiales, siendo esta pérdida más acusada y estadísticamente significativa para el caso de la HTH, con un valor del 23 % en HTH vs. 16% en ST de pérdida de fuerza en el cuádriceps en acción concéntrica.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

DISCUSIÓN.

El propósito de este estudio fue investigar la valoración isocinética de la ratio H/Q en un protocolo de rehabilitación del LCA intensivo y multidisciplinar tras intervención quirúrgica en deportistas de élite. Por lo que respecta a nuestro conocimiento, este es el primer estudio que trata de analizar la relación entre la ratio H/Q y un protocolo de rehabilitación de estas características en deportistas de élite intervenidos del LCA.

Los resultados de este estudio demuestran que en una muestra de 168 deportistas de élite intervenidos de LCA y valorados isocinéticamente, la totalidad de los participantes alcanzaron un valor de la ratio H/Q superior al 80%. Existiendo diferencias estadísticamente significativas para la ratio H/Q entre la pierna lesionada y la pierna sana, siendo mayor la ratio en la pierna lesionada.

También se mostraron diferencias estadísticamente significativas en función de que pierna presentaba la lesión, fuera la derecha o la izquierda. Sin embargo, aunque este valor resulte estadísticamente significativo, es necesario mostrar prudencia al extrapolar estos resultados al resto de población de deportistas de élite, al encontrarse un mayor número de individuos lesionados en la pierna derecha 96, frente a 72 en la pierna izquierda. Además, la diferencia de las medias entre el lado izquierdo y el derecho es de 0,108 N mientras que la desviación standard es de 0,2 N por lo tanto, no es posible considerar este valor para ofrecer conclusiones acerca del lado lesionado. Otro factor limitante que no nos permite sacar conclusiones es que, el factor pierna dominante no ha sido incluido en nuestro estudio.

Una vez examinados los resultados, se procedió a analizar las diferencias respecto a los componentes de la ratio H/Q para la muestra de estudio, es decir la fuerza máxima de la musculatura isquiotibial en acción excéntrica y la fuerza máxima del cuádriceps en acción concéntrica, tanto para la pierna sana como para la lesionada. Los resultados obtenidos muestran un gran diferencial entre la fuerza máxima de los

isquiotibiales en acción excéntrica y el cuádriceps en acción concéntrica estableciéndose unos valores estadísticamente significativos, siendo el valor del diferencial del cuádriceps mayor. Tras analizar los resultados obtenidos podemos afirmar que estos valores de fuerzas son los causantes de que los valores de la ratio H/Q calculado para las piernas lesionadas sean mayores que los alcanzados por las sanas. Esta circunstancia se puede explicar gracias a que el denominador de la división realizada para obtener la ratio H/Q, el valor de fuerza máxima de cuádriceps en acción concéntrica, tiene un valor mucho menor. El tipo de intervención utilizado para la reparación del LCA estableció una relación estadísticamente significativa tanto para la ratio H/Q como para los diferenciales de fuerza, para la musculatura isquiotibial en acción excéntrica y para la musculatura del cuádriceps en acción concéntrica, obteniendo unas pérdidas mayores de fuerza en el cuádriceps cuando se realiza la intervención con un injerto HTH, y una ganancia global para los isquiotibiales en dicha intervención. Al estudiar la ratio H/Q para los dos tipos de intervención quirúrgica predominantes en nuestra muestra de estudio se observaron diferencias estadísticamente significativas para la pierna lesionada entre HTH y ST, donde el injerto HTH adquiriría una media de valores de ratio más elevada. Esta media de ratio más elevada se relaciona con una pérdida de fuerza mucho mayor en los cuádriceps que en los isquiotibiales, siendo esta pérdida más acusada y estadísticamente significativa para el caso del HTH. Siendo los valores de pérdida de fuerza máxima del Cuádriceps en acción concéntrica de un 23 % en HTH vs. 16% en ST.

Por otro lado, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en relación al tiempo transcurrido entre la intervención quirúrgica para la reparación del LCA y la valoración isocinética en los intervalos comprendidos entre los 4 a los 6 meses, de los 6 a los 8 meses y en más de 8 meses, tanto para la pierna sana, como era de esperar, como para la pierna lesionada. Tampoco se muestran diferencias estadísticamente significativas en relación al deporte practicado, por lo que no existe relación entre el deporte practicado y la ratio H/Q. Estos mismos resultados se observan al relacionar la ratio H/Q con el género de los deportistas. Al realizar el análisis de las

fuerzas y relacionarlas con, los deportes practicados, con el género de los deportistas y con el momento de realizar la valoración después de el procedimiento quirúrgico, en los intervalos comprendidos entre los 4 a los 6 meses, de los 6 a los 8 meses y en más de 8 meses, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Finalmente, en la muestra de nuestro estudio el 18% de los deportistas evaluados presentaban una lesión asociada al LCA, circunstancia que también ha sido evaluada, no encontrando diferencias estadísticamente significativas con la ratio H/Q.

Actualmente la lesión del LCA, su reconstrucción en el caso de rotura, así como el tratamiento de rehabilitación, son unos de los aspectos más estudiados en la medicina deportiva. Sin embargo y pese al número de investigaciones existentes, la variabilidad de los estudios puede establecer dificultades en la interpretación y comparación de los resultados y la puesta en común de los datos obtenidos con otros estudios ([Makhni et al., 2015](#)).

El LCA juega un papel importante en la cinemática de la rodilla, siendo el principal responsable de la estabilidad estática y dinámica de la rodilla además de estabilizarla evitando la traslación anterior de la tibia. Su función es fijar la tibia con respecto al fémur cuando esta se ve sometida a fuerzas tanto de traslación anterior como rotatorias ([Diermann et al., 2009](#)). La musculatura isquiotibial también desempeña un papel importante en la estabilización dinámica de la rodilla, compensando mediante su contracción en acción excéntrica las fuerzas que provocan la pérdida de estabilidad de la rodilla ([Lloyd et al., 2005](#)). Los desequilibrios musculares están considerados como uno de los principales motivos de lesión ([Croisier et al., 2002](#)). La relación existente entre los grupos musculares responsables de la flexoextensión de la rodilla es un indicador del equilibrio o desequilibrio de la articulación ([Kong y Burns, 2010](#)). Como se ha señalado y definido anteriormente en este estudio, esta relación viene expresada por la ratio funcional H/Q. La ratio H/Q señala con precisión los patrones de movimiento presentes en la mayoría de las acciones que realiza un deportista en su práctica diaria: carreras, saltos, golpes de balón, cambios de dirección y giros ([Aagard et al., 1998](#)). Numerosos

estudios también han documentado la utilidad de los parámetros de fuerza máxima para comparar bilateralmente la musculatura de los cuádriceps e isquiotibiales y las relaciones entre ellas, expresadas por la ratio H/Q. (Lyman et al., 2009; Li et al., 2011; Adern et al., 2012).

La principal herramienta utilizada en la medicina deportiva para la evaluación de la fuerza de la musculatura de la rodilla es la dinamometría isocinética. En las roturas del LCA se emplea para detectar los posibles desequilibrios musculares tras la intervención quirúrgica. Además, la dinamometría isocinética se puede emplear tanto para objetivar la evolución del tratamiento como el resultado al final del proceso y para potenciar la musculatura atrofiada tras la intervención quirúrgica (Cvjetkovic, 2015). Debido a su objetividad y a la reproducibilidad de los valores obtenidos, es un parámetro objetivo para la toma de decisiones acerca del retorno a las actividades deportivas después de la reconstrucción del LCA (Gear, 2011).

Como muestra la literatura, la fuerza de la musculatura extensora de la rodilla después de una rotura del LCA, debido a una inhibición del cuádriceps, es en la mayoría de ocasiones inferior en la rodilla lesionada si la comparamos con la sana (Urbach et al., 2001; De Jong et al., 2007; Nylan et al., 2010). Este fenómeno es considerado como un mecanismo de compensación natural para evitar un desplazamiento anterior de la tibia y evitar así movimientos dolorosos y potencialmente perjudiciales para la rodilla lesionada (Nylan et al., 2004; Palmieri y thomas, 2009). Según las conclusiones a las que llegan Georgoulis y col., el cuádriceps puede verse afectado por una inhibición neural post-lesión debido a la pérdida de la retroalimentación aferente de las neuronas motoras gamma en el LCA. Esta inhibición tiene como consecuencia un patrón de marcha característico, evitando la contracción del cuádriceps para impedir la traslación anterior de la tibia (Georgoulis et al., 2010). Estas disminuciones en la fuerza del cuádriceps también están asociadas a modificaciones fisiológicas de los isquiotibiales para compensar las fuerzas de traslación anterior sobre la rodilla (Ko et al., 2012; Yoon et al., 2013).

La rotura del LCA también provoca una modificación fisiológica que activa los músculos isquiotibiales para compensar así las fuerzas sobre la rodilla, pero la magnitud de la disminución es menor que la del cuádriceps ([St Clair et al., 2000](#)). Los déficits de la musculatura del cuádriceps provocan una asimetría entre la pierna intervenida y la sana y esto se asocia con una mala biomecánica de la articulación de la rodilla ([Schmitt et al., 2015](#)). Estudios previos han demostrado que una musculatura isquiotibial débil y una baja co-actividad en relación a los cuádriceps están asociados con un mayor riesgo de rotura del LCA, además de un mal funcionamiento de la rodilla después de una rotura del LCA ([Crossley et al., 2013](#); [Hartigan et al., 2012](#)).

Los deportistas que alcanzan más rápidamente los valores de fuerza en relación a la pierna sana vuelven más rápidamente a la competición que los que necesitan más tiempo para alcanzar la simetría de fuerza muscular ([Hartigan et al., 2012](#)). Como apunta el estudio de [Ardern y col.](#), en una población de futbolistas sanos, los desequilibrios musculares pueden afectar al rendimiento durante la temporada y podrían tener implicaciones para el futuro riesgo de lesiones ([Ardern et al., 2014](#)). Estos autores coinciden con estudios previos indicando que la correcta restauración de la fuerza después de la intervención del LCA, puede disminuir la incidencia de la re-ruptura del ligamento, así como la incidencia de la rotura contralateral y puede influir positivamente en el retorno del deportista a la competición ([Vairo, 2014](#); [Ithurburn et al., 2015](#); [Zwolski, et al., 2016](#)).

La presencia de déficits de fuerza en la musculatura flexoextensora de la rodilla, también han sido previamente evidenciadas inmediatamente después de producirse una rotura del LCA. Una circunstancia que en nuestro caso no podemos confirmar debido a las características de nuestra muestra, que no fue valorada inmediatamente después de la lesión y si tras la reparación quirúrgica del LCA. Sin embargo, estamos en condiciones de afirmar que los deportistas participantes en nuestro estudio muestran déficits significativos en la musculatura flexoextensora de la rodilla tras una intervención

quirúrgica para reparar el LCA, independientemente del tiempo en el que se realizará la valoración.

Debido a las evidencias halladas acerca de los déficits musculares encontrados en relación a la rotura del LCA, en los últimos años se ha generado un debate acerca de cual sería el tratamiento idóneo tras una rotura del LCA. Moksnes y Risberg realizaron un estudio en el que elaboraron un seguimiento del tratamiento de Rhb a dos grupos de pacientes con rotura del LCA. El primer grupo se sometió a una intervención de LCA para reparar el ligamento y el segundo grupo se sometió a un tratamiento conservador, utilizando técnicas terapéuticas en las que no se incluía la cirugía. El resultado de la investigación fue que ambos grupos fueron capaces de volver a la actividad deportiva sin mostrar diferencias entre ellos ([Moksnes y Risberg, 2009](#)). Frobell y Roos, desarrollaron un estudio donde planteaban retrasar la intervención quirúrgica del LCA optando por realizar una Rhb conservadora con el objetivo de eludir la intervención en caso de que el tratamiento resultara en una rodilla funcional. Los resultados evidenciaron que, a los 2 años, el hecho de haberse sometido a una intervención quirúrgica o haber optado por el tratamiento conservador no guardaba relación con respecto a la vuelta al nivel de actividad física previa a la lesión. A los 5 años los autores volvieron a valorar a los sujetos del estudio obteniendo que 29 de los 59 participantes del grupo de tratamiento conservador no habían precisado intervención quirúrgica ([Frobell y Roos, 2010](#)).

En la revisión realizada por Smith y col. los autores concluyen afirmando que tras analizar la literatura existente, los resultados obtenidos eran insuficientes para llegar a una conclusión de cuál es el tratamiento óptimo tras una rotura del LCA. Mientras que destacaban que las personas que han sufrido una rotura del LCA deben optar por un tratamiento conservador antes de considerar la opción de la intervención quirúrgica, aunque esta afirmación la realizaban sobre una base pobre de evidencia ([Smith et al., 2014](#)). Más recientemente, Monk y col. Tras una revisión sistemática en la que comparaban los tratamientos conservadores frente a los tratamientos quirúrgicos de las roturas del LCA,

llegando a la conclusión de que en una población adulta, joven y activa no se encontraron diferencias entre los dos tipos de tratamiento. Sin embargo afirmaban que un elevado número de pacientes con rotura del LCA, que previamente realizaron un tratamiento conservador, decidieron posteriormente someterse a una intervención quirúrgica para restaurar la estabilidad de la rodilla ([Monk et al., 2016](#)).

Por otro lado, otros autores como Pinczewski o Petersen recomiendan como tratamiento más efectivo la intervención quirúrgica en pacientes con inestabilidad funcional, frente al tratamiento conservador ([Pinczewski et al., 2007](#); [Petersen et al., 2013](#)). Myklebus recomienda en el caso de deportistas de élite que desean retomar la actividad deportiva de alto nivel la cirugía, sobre todo en aquellos deportes que implican acciones asociadas al salto, acciones pivotantes y cambios de ritmo ([Myklebust, 2005](#)). Además, como apunta la literatura, parece que la reconstrucción quirúrgica del LCA es el tratamiento elegido para los deportistas jóvenes que quieren permanecer en activo ([Marx et al., 2003](#)). Los defensores de las técnicas quirúrgicas creen que la reconstrucción del LCA es esencial para restaurar la estabilidad de la articulación de la rodilla siempre que esta vaya ligada a una terapia de rehabilitación postquirúrgica ([Webster et al., 2014](#); [Cascio et al., 2004](#)), concluyendo en muchos casos, que su utilización obedece a la predilección del cirujano ([Wright et al., 2008](#); [Lobb et al., 2012](#)).

En nuestro estudio, la totalidad de los sujetos valorados eran deportistas de élite de distintas disciplinas donde el factor tiempo de inactividad es crucial tanto para el deportista como para los clubs o federaciones deportivas a las que pertenece el deportista. Con el agravante de que en nuestro caso, el importe económico que suponen los tratamientos quedaba cubierto por parte de éstos. La suma de estas dos circunstancias propiciaba que el deportista de élite pudiera someterse a una intervención quirúrgica a las pocas horas de producirse la lesión por lo que nos vemos imposibilitados a la hora de recomendar un tratamiento u otro ya que nuestros sujetos ingresaban en el centro una vez realizada la intervención quirúrgica. A pesar de esta circunstancia, tras analizar la literatura consultada, nos decantamos por considerar

como óptima la opción señalada por Webster y col. en la que defienden la reparación quirúrgica unida a un protocolo de Rhb pre y post intervención como tratamiento de la rotura del LCA en deportistas de élite ([Webster et al., 2014](#)).

En más del 50% de las ocasiones las roturas del LCA se producen en personas que practican actividades deportivas y en particular entre las edades comprendidas entre 15 y 30 años ([Van Grinsven et al., 2010](#); [López et al., 2011](#)). Estos datos están en consonancia con la población valorada en nuestro estudio, en el que la edad media de los sujetos fue de 26 años aunque es importante destacar que en nuestra muestra todos los deportistas eran de élite.

Está bien documentado que las mujeres deportistas que participan deportes que presentan un componente elevado de saltos y acciones pivotantes tienen una tasa de incidencia de lesión en la rodilla entre 4 y 6 veces mayor que los atletas masculinos ([Arendt y Dick, 1995](#); [Hewett et al., 1999](#); [Bien, 2011](#)). Esta circunstancia que refleja la literatura no está en consonancia con los resultados obtenidos en nuestro estudio, donde en una muestra de 168 deportistas de élite 40 eran mujeres, un 23,80% de la muestra, mientras que 128 eran hombres, un 76,20% de la muestra. Sin embargo, nuestros resultados sí que se corresponden con los hallados por Micheo en relación a los deportes con mayor riesgo a sufrir una rotura de LCA, donde señala que los deportes que requieren acciones pivotantes como el rugby, el baloncesto o el fútbol aglutinan el 70% de todas las lesiones del LCA ([Micheo, 2010](#)). En nuestro estudio, el 72% de la muestra pertenece a deportistas que practican estos 3 deportes.

El objetivo de la cirugía del LCA en deportistas es asegurar un retorno seguro a la práctica deportiva y conseguir que vuelvan al mismo nivel competitivo en el que se encontraban antes de la rotura del LCA ([Adern et al., 2011](#)). En la actualidad la reparación quirúrgica del LCA consiste en la sustitución del LCA roto por un injerto de un tendón autólogo. Esta técnica quirúrgica está considerada como el “*Gold Standard*” para la reparación del LCA ([Petersen et al., 2013](#); [Pinczewski et al., 2007](#)). Los injertos más ampliamente utilizados para la reconstrucción del LCA son el injerto HTH y el injerto

ST. Tradicionalmente, el injerto HTH ha sido la técnica más utilizada para la reconstrucción del LCA, aunque durante la última década el uso de la técnica de injerto ST se ha incrementado notablemente ([Barenius et al., 2013](#)). Esta afirmación de Barenius y col. está en relación a los resultados hallados en nuestro estudio, donde 120 de los deportistas evaluados, un 71,4 % de la muestra total, fueron intervenidos con la técnica de injerto ST, mientras que en 34 deportistas, un 20,2% de la muestra, fueron intervenido mediante la técnica de injerto HTH. En nuestro estudio, encontramos 9 deportistas, un 5,4% de la muestra, a los que se les reparó el LCA mediante la utilización de un injerto isquiotibial en 4 haces (TLS DT4), a 4 deportistas se les reparó el LCA mediante un injerto del tensor de la fascia lata (TFL), y en 1 caso con un injerto de cadáver, 0,6%.

En el estudio desarrollado por Taylor y col. los dos tipos de injertos, HTH y ST, obtuvieron unos resultados similares en cuanto a su funcionalidad cuando se evaluaron a los 2 años después de la reconstrucción del LCA ([Taylor et al., 2009](#)). Mientras que los estudios de Ejerhed y col. recomiendan la cirugía con el injerto ST debido a la alta morbilidad del sitio donante que provoca el injerto HTH ([Ejerhed et al., 2003](#)). Sin embargo, para Mohtadi y col. no hay pruebas suficientes para extraer conclusiones sobre las diferencias entre los dos tipos de injertos para el resultado funcional a largo plazo ([Mohtadi et al., 2011](#)). Según apuntan estos autores, las rodillas intervenidas con el injerto HTH muestran una mayor estabilidad aunque están asociadas a dolores sobre todo en la parte anterior de la rodilla. Finalmente, Wipfler y col. señalaban que los resultados funcionales óptimos se obtienen en rodillas intervenidas con el injerto ST, además de observar que referían menos dolor en la parte anterior de la rodilla transcurridos 9 años de la intervención ([Wipfler et al., 2011](#)). Los estudios consultados para la realización de este trabajo no han demostrado de forma consistente la superioridad de una técnica quirúrgica sobre otra en relación a la funcionalidad de la rodilla.

También existen resultados contradictorios en relación al riesgo de rotura entre el injerto HTH y el ST. Artículos recientes sugieren que puede haber un mayor riesgo de rotura del injerto para las personas intervenidas con el injerto ST (Maletis et al., 2013; Person et al., 2014). Sin embargo, otros estudios no han hallado ninguna relación entre el tipo de injerto y el riesgo de rotura (Webster et al., 2014; Mascharenas et al., 2015) Poulsen y Jhonson observaron que los deportistas intervenidos con injerto HTH habían aumentado en 1,2 veces las probabilidades de regresar al deporte al mismo nivel previo a la lesión en comparación con aquellos deportistas intervenidos con el injerto ST. Sin embargo, esta relación se invirtió si los deportistas requerían un nivel competitivo más alto, en este caso los deportistas intervenidos con ST tenían más del doble de probabilidades de regresar al mismo nivel competitivo (Poulsen y Johnson, 2010). En los artículos analizados hemos hallado resultados dispares en relación al índice de fracaso del injerto. Estos hallazgos sugieren que el tipo de injerto puede no ser el principal determinante para obtener buenos resultados después de la cirugía del LCA en cuanto a la funcionalidad y el grado de dolor.

La literatura consultada muestra que no hay pruebas concluyentes para indicar que un tipo de injerto es mejor que otro con respecto a la fuerza de la musculatura, la estabilidad de la rodilla, el dolor, la amplitud de movimiento y el nivel de actividad después de la reconstrucción quirúrgica. Aunque sí demuestran que, tanto la musculatura del cuádriceps como la de los isquiotibiales muestran déficits de fuerza tras la reconstrucción del LCA. Tal y como afirman estudios recientes, las pérdidas de fuerza tras una intervención de LCA afectan al ratio H/Q que puede verse alterado en las rodillas intervenidas si lo comparamos con las sanas (Lee et al., 2015). En este sentido, nuestros resultados con respecto a los déficits de la musculatura flexoextensora en relación con la utilización de un injerto HTH o ST para la reparación del LCA, van en la línea de lo expuesto en dos revisiones sistemáticas, por lo que es posible afirmar que independientemente de la técnica quirúrgica empleada, se producirán déficits de fuerza entre la musculatura extensora de rodilla y la musculatura flexora. En línea con nuestros resultados, Dauty y col., Xergia y col., en sus respectivos trabajos, se centraron en la

comparación entre pacientes intervenidos quirúrgicamente de LCA con injertos HTH y pacientes intervenidos con injertos ST. En la primera revisión, se identificaron 53 estudios en los cuales hallaron que tras la reconstrucción del LCA, con independencia del injerto utilizado, la musculatura flexoextensora de la rodilla mostraba un déficit de fuerza tanto en la musculatura del cuádriceps como en la musculatura isquiotibial durante varios meses después de la cirugía. El déficit de la musculatura flexora era más elevado si el injerto utilizado para la reconstrucción era el ST. Por el contrario el déficit de la musculatura extensora era más elevado cuando el injerto utilizado había sido el HTH ([Dauty et al., 2005](#)). En la segunda revisión sistemática en la que se incluyeron 14 estudios, se realizó un meta-análisis de ocho de estos estudios mostrando un mayor déficit de la fuerza en la musculatura extensora y menor déficit en la musculatura flexora en pacientes sometidos a una reconstrucción del LCA con el injerto HTH en comparación con los pacientes sometidos a una reconstrucción del LCA con el injerto ST, encontrando estos déficits hasta 2 años después de la reconstrucción del LCA ([Xergia et al., 2011](#)).

Por otro lado, Czaplicki y col. evaluaron la fuerza de la musculatura de la rodilla antes y después de la reconstrucción del LCA. Para ello, evaluaron isocinéticamente a 29 deportistas recreacionales en activo, todos ellos hombres e intervenidos de LCA con un injerto ST. En el estudio midieron la fuerza de la musculatura flexoextensora de la rodilla tanto para la pierna lesionada como para la sana. Las mediciones se realizaron aproximadamente a los 1,5 meses antes de la cirugía y 3, 6, y 12 meses después de la intervención. Los resultados obtenidos mostraron que 12 meses de rehabilitación fueron insuficientes para que la rodilla afectada recuperase el nivel de fuerza de la musculatura no afectada ([Czaplicki et al., 2015](#)). Los resultados de la revisión realizada por Kim y col. también están en relación a los descritos anteriormente, los autores concluyeron diciendo que los artículos examinados mostraron una pérdida de la fuerza isocinética del lado intervenido con respecto al lado sano. Cuantificando la pérdida de la fuerza del cuádriceps en aproximadamente tres veces más que la pérdida de los isquiotibiales ([Kim et al., 2016](#)). Conclusiones muy similares son las mostradas por Petersen y col. que tras analizar 61 artículos que valoraban la fuerza muscular después

de la reconstrucción del LCA, hallaron 59 artículos que revelaron deficiencias de los cuádriceps y/o isquiotibiales después de la reconstrucción del LCA (Petersen et al, 2014). Aunque estos 3 autores llegan a una conclusión similar a la obtenida en nuestro estudio no relacionan la pérdida de fuerza con el tipo de injerto utilizado en la reconstrucción del LCA. Los resultados de nuestro estudio evidencian una pérdida de fuerza estadísticamente significativa tanto para la fuerza del cuádriceps en acción excéntrica como para la fuerza de los isquiotibiales en acción concéntrica. Obteniéndose unos valores de pérdida mayores en la musculatura del cuádriceps que en los isquiotibiales. Sin embargo es necesario destacar que los valores de fuerza analizados en nuestro estudio, al contrario de los estudios anteriormente citados, han sido obtenidos tras la valoración de las acciones musculares relacionadas con la ratio H/Q. En nuestro estudio el tipo de intervención utilizado para la reparación del LCA estableció una relación estadísticamente significativa tanto para la ratio H/Q como para las diferencias de fuerza para la musculatura isquiotibial en acción excéntrica y para la musculatura del cuádriceps en acción concéntrica. Nuestros resultados señalan unos déficits de fuerza mayores en el cuádriceps cuando se valora la intervención con un injerto HTH. Por el contrario, señalan déficits en la fuerza de los isquiotibiales cuando la intervención valorada ha sido con un injerto ST. Estos resultados no están en relación con los obtenidos por otros autores (Aglietti et al., 2004; Beard et al., 2001; Jansson et al., 2003) que no pudieron mostrar diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de la musculatura flexoextensora de la rodilla en pacientes intervenidos con injerto HTH o ST. A pesar de que en sus estudios diferencian los resultados entre un tipo de injerto y otro, una posible causa de que los resultados no estén en relación a los hallados en nuestro estudio puede estar en relación al tiempo transcurrido entre la realización de los citados artículos y nuestro estudio. Como se ha comprobado, existen resultados heterogéneos en la literatura, Khosravi y col. compararon la fuerza isocinética y la ratio H/Q de 12 deportistas de élite, 6 jugadores de balonmano y 6 de fútbol intervenidos del LCA con un injerto ST con 12 deportistas de élite sanos. Los dos grupos fueron evaluados isocineticamente a 60°/seg y 180°/seg. a los 21 meses de la intervención. Los autores no

encontraron diferencias significativas entre los valores obtenidos ([Khosravi et al., 2010](#)). Estos resultados no están en relación con los obtenidos en nuestro estudio, en el que sí encontramos diferencias estadísticamente significativas en relación al injerto ST. La disparidad de los resultados puede estar en el tamaño muestral muy superior en nuestro estudio o en las velocidades utilizadas para la valoración de la ratio H/Q, mientras que los autores utilizan tres velocidades, en nuestro estudio solo utilizamos una velocidad, 90°/seg. En otro estudio, Andrade y col. evaluaron isocinéticamente a 166 deportistas sanos, hombres y mujeres que practicaban judo, balonmano y fútbol. 58 participantes eran judocas 26 mujeres y 32 hombres, 39 jugadores de balonmano, 22 mujeres y 17 hombres, y 69 jugadores de fútbol, 17 mujeres y 52 hombres. El propósito de este estudio fue determinar la ratio H/Q en distintas velocidades. Los resultados obtenidos sugirieron que la modalidad deportiva y la velocidad influyen en la ratio H/Q entre hombres y mujeres ([Andrade et al., 2012](#)). En este sentido, aunque el tamaño muestral se asemeja al utilizado en nuestro estudio, nuestros resultados también difieren con los obtenidos por estos autores. Basándonos en nuestros resultados no podemos afirmar que la ratio H/Q varía con la velocidad isocinética utilizada ya que solo hemos cuantificado la fuerza en una sola velocidad. Nuestros resultados no evidencian relaciones estadísticamente significativas en relación al género de los deportistas valorados ni en relación con el deporte practicado con la ratio H/Q en deportistas intervenidos de LCA. En su estudio, Kong y Burns valoraron a 25 mujeres y 20 hombres sanos y físicamente activos. En el estudio compararon los valores de la ratio H/Q entre hombres y mujeres sin encontrar diferencias entre la ratio H/Q ([Kong y Burns, 2010](#)). Aunque los resultados del estudio concluyan que no existe relación entre la ratio H/Q y el género de los participantes no podemos compararlos con los obtenidos por nuestro estudio debido al tamaño de la muestra así como a las características de los sujetos al tratarse de sujetos sanos.

Por tanto, la falta de estandarización y precisión de los protocolos de valoración observados en la literatura, así como la variabilidad del tamaño muestral y las

características de los sujetos valorados, suponen que no sea posible comparar con claridad los resultados obtenidos en nuestro estudio con los ofrecidos en la literatura.

En cuanto a la evolución en el tiempo de los citados déficits musculares, también hemos hallado resultados contradictorios en la literatura. En sus respectivos estudios Hsiao y col. y Karanikas y col. informaron de déficits significativos de la musculatura flexoextensora de la rodilla a los 3 meses de la reconstrucción (Hsiao et al., 2014; Karanikas et al., 2009). Mientras que autores como, Vairo y col. o Anderson y col. apuntan que durante los primeros 6-12 meses después de la intervención, la fuerza está restaurada en los niveles preoperatorios (Vairo et al., 2008 y Anderson et al., 2002). Por su lado, Neeter y col. utilizaron diferentes valoraciones de la fuerza para señalar que a los 6 meses de la cirugía de reconstrucción del LCA 9 de cada 10 individuos exhibían asimetrías musculares (Neeter et al., 2006). Los estudios de De Jong y col. mostraron una mejora de los déficits de fuerza en el periodo de tiempo de 6 a 12 meses de la intervención (De Jong et al., 2007), sin embargo varios estudios revelaron déficits de fuerza tras 1 año de seguimiento (Bizzini et al., 2006; Karanikas et al., 2009; Tashiro et al., 2003). Los anteriormente citados Karanikas y col. también analizaron a los pacientes entre los 12 y 24 meses después de la reconstrucción del LCA y constataron un descenso en las diferencias de los valores de los extensores y flexores de la rodilla durante este período (Karanikas et al., 2009).

En la línea de lo expuesto anteriormente, hemos podido comprobar que los déficits de fuerza persisten durante más de 2 años después de la reconstrucción del LCA (Beynon et al., 2002; Eitzen et al., 2009; Roewer et al., 2011). Eitzen y col. demostraron que un déficit preoperatorio de fuerza del cuádriceps podía predecir los déficits de fuerza postoperatorios. Los individuos que presentaban déficits de la fuerza del cuádriceps antes de la cirugía de más del 20% tenían déficits de fuerza significativamente mayores 2 años después de la cirugía (Eitzen et al., 2009). Como apunta el estudio de Roewer y col., 2 años después de la cirugía la fuerza del cuádriceps de la extremidad afectada seguía mejorando (Roewer et al., 2011). En esta línea, Urbach

y col. también señalaron que 2 años después de la reconstrucción de LCA la fuerza mejoró significativamente en deportistas con un nivel de actividad alto, pero sin embargo el déficit persistía (Urbach et al., 2001). Otros estudios han informado de que el déficit de la fuerza muscular de los cuádriceps y de los isquiotibiales en la extremidad lesionada con respecto a la no lesionada, puede permanecer hasta 3 ó 4 años después de la cirugía (Natri et al., 1997; Ageberg et al., 2009) e incluso hasta 5 años (Lautamies et al., 2008). Finalmente, Keays y col. mostraron que después de un seguimiento de 6 años, no hubo diferencias significativas en la fuerza entre los grupos quirúrgicos y de control (Keays et al., 2007). En base a los resultados de nuestro estudio podemos afirmar que los déficits musculares evidenciados y que han sido expuestos anteriormente en relación a la evolución en el tiempo, aparecen constantes durante todo el proceso de intervención. Existiendo déficits musculares desde los 4 meses hasta los 9 meses después de la intervención, fecha en que fue valorado el último deportista de nuestro estudio. Sin embargo, al contrario de lo que en un principio se podía esperar, la totalidad de los participantes en nuestro estudio alcanzaron un ratio H/Q superior al 80%, tanto en la pierna sana, con un valor del 81%, como en la lesionada, con un valor del 96%. Los valores obtenidos por todos los deportistas de la muestra están en relación a lo apuntado por la literatura donde como se ha mencionado anteriormente en este trabajo, un índice H/Q inferior al 80% ha sido propuesto como un indicador de desequilibrio de fuerzas en la articulación de la rodilla en deportistas (Aagaard et al., 1995; Aagaard et al., 1998; Croisier et al., 2008). Las diferencias entre las ratios de la pierna sana y la lesionada obtuvieron resultados estadísticamente significativos, obteniendo un valor de ratio mayor en las piernas lesionadas. Estos resultados reflejan, como se ha expuesto anteriormente, que, la ratio de la pierna lesionada es superior al de la pierna sana. Estos valores se confirman cuando analizamos la ratio en relación al tiempo transcurrido entre la intervención y el momento de realizar la valoración, de los 4 a los 6 meses, de los 6 a los 8 meses y en más de 8 meses, al no observar diferencias estadísticamente significativas entre la ratio H/Q y el momento de la valoración. Los resultados obtenidos señalan que tras realizar el protocolo de Rhb propuesto en nuestro

estudio la ratio H/Q óptimo es alcanzado a partir de los 4 meses de tratamiento. Sin embargo, a pesar de estos resultados que, en principio hablarían de la eficiencia de nuestro protocolo al conseguir un ratio H/Q óptimo a partir de los 4 meses de la intervención, necesitan de un estudio más detallado por nuestra parte. El valor de la ratio H/Q es el obtenido mediante una división entre el valor de la fuerza máxima de los isquiotibiales en acción excéntrica y el valor de la fuerza máxima del cuádriceps en acción concéntrica. Por lo tanto, cualquier alteración de estos valores puede aumentar o disminuir el resultado de la ratio H/Q. Los valores obtenidos en el estudio muestran una mayor pérdida de fuerza del cuádriceps en acción concéntrica alcanzando un valor de un 23% que la pérdida sufrida por los isquiotibiales en acción excéntrica, un 16%. Como se ha expuesto anteriormente, los valores de la ratio H/Q mostraron valores estadísticamente significativos en relación al tipo de injerto utilizado para la reparación del LCA. Siendo los valores de la ratio mayores en el injerto HTH. Una vez analizados los resultados la obtención de los valores de la ratio más elevados en la pierna lesionada que en la sana se relaciona a la pérdida de fuerza máxima de los cuádriceps con respecto a los isquiotibiales. Esta mayor pérdida de fuerza en el cuádriceps provoca una mayor disminución del valor del denominador que en el numerador en la relación H/Q lo cual provoca cambios en el resultado final aumentando el valor de la ratio H/Q. La disparidad de resultados obtenidos con respecto a la evolución temporal de los déficits de fuerza podría explicarse por las diferencias en los protocolos de rehabilitación y valoración así como por el injerto utilizado para reparar el LCA utilizados en los diferentes estudios.

Actualmente disponemos de muchas herramientas tanto terapéuticas como de valoración para el tratamiento de Rhb después de una intervención quirúrgica para la reparación del LCA (Nyland, 2015). Sin embargo, tras analizar la literatura, no existe unanimidad acerca del protocolo a utilizar durante la Rhb del LCA (Adern et al., 2014; Cvetanovich et al., 2015). Pero sí aparecen reflejados dentro de los programas de rehabilitación criterios de progresión comunes, bien definidos, fundamentados así como adaptados a las características y evolución de cada paciente (Cimino et al, 2010; Wilk et

al., 2012; Beynnon et al., 2011). Siendo el objetivo final el de restaurar la función del ligamento reconstruido (Bien y Dubuque, 2015; Wilk, 2015).

En los últimos 20 años se han presentado numerosos protocolos de Rhb. La evolución temporal de los protocolos muestra una disminución del tiempo de recuperación que tiene como consecuencia un retorno más temprano a la competición después de la cirugía (Beynnon et al., 2005). La introducción del protocolo de rehabilitación acelerada propuesto por Shelbourne y Nitz supuso un cambio en el tratamiento de la rehabilitación del LCA (Shelbourne y Nitz, 1990). Este protocolo tenía como objetivo principal el acortar los tiempos de recuperación del paciente. En la actualidad la mayoría de los protocolos propuestos se acercan a los 8 meses de duración siendo las fases de readaptación a la actividad deportiva necesarias para dar por concluida la Rhb (Hasegawa et al., 2011; Dauty et al., 2010; Beynnon et al., 2011). Como hemos comprobado los avances en los procedimientos quirúrgicos han facilitado la Rhb precoz, por lo que creemos de vital importancia destacar que la duración del tratamiento viene determinada por los procesos fisiológicos necesarios para la correcta fijación del nuevo injerto. Este término conocido como proceso de “ligamentación” fue introducido por Amiel y Kleiner al que definieron como el proceso de adaptación del injerto a la nueva situación (Amiel y Kleiner, 1986). El tratamiento de Rhb será útil para favorecer las condiciones óptimas del proceso de curación, siendo imposible acelerar el proceso de ligamentización.

En la actualidad existen en la literatura numerosos protocolos con infinidad de ejercicios y pautas a seguir en la Rhb del LCA, sin embargo hay conceptos específicos que debemos enfatizar para lograr un buen resultado: (1) la necesidad de restablecer cuanto antes la extensión completa de la rodilla para posteriormente completar el ROM articular, (2) iniciar lo antes posible la carga parcial, (3) lograr el equilibrio de la musculatura flexoextensora de la rodilla fortaleciendo el cuádriceps e isquiotibiales y (4) mejorar la estabilidad dinámica de la rodilla mejorando la propiocepción (Wilk et al., 2012; Beynnon et al., 2011). En el transcurso del protocolo de Rhb, es esencial que el

deportista realice el tratamiento de manera gradual y progresiva, cumpliendo los objetivos de cada fase. El protocolo debe estar supeditado a realizar los cambios o adaptaciones necesarias para cada deportista. La consecución de los objetivos marcados en cada fase y no criterios temporales deben ser los que indiquen la evolución del protocolo de tratamiento (Della et al., 2012). Creemos que, un enfoque terapéutico integrado dentro de un equipo multidisciplinar de trabajo donde exista una buena comunicación entre el equipo y el deportista es vital para la gestión del protocolo del tratamiento. En este sentido existen diferentes autores que señalan y ratifican la importancia del equipo multidisciplinar de trabajo en un proceso de Rhb en las roturas del LCA (Wera et al., 2014; Brand y Nylald, 2009).

Tras la revisión de la literatura consultada para la realización del presente estudio en la que se comparan los distintos tipos de protocolos de Rhb propuestos tras la reconstrucción del LCA, observamos que la mayoría de ellos tienen puntos en común. En la mayoría de ellos, los autores se inclinan por un inicio temprano del proceso, iniciando el fortalecimiento de cuádriceps mediante la realización de ejercicios isométricos y hacen hincapié en la importancia de la electroestimulación, considerándola una técnica eficaz para aumentar la fuerza muscular y mejorar la extensión de la rodilla (Feil et al., 2011; Hart et al., 2012). El protocolo utilizado para la realización de este estudio va en consonancia con lo señalado anteriormente donde la ejecución de ejercicios isométricos, la utilización de la electroestimulación y la movilización precoz tanto de las estructuras adyacentes a la lesión como de la rodilla son esenciales para lograr una extensión completa de la rodilla. Sin embargo, existe la probabilidad de que el inicio precoz del tratamiento pueda provocar alguna alteración en el injerto. Debido a esta circunstancia y en relación con lo propuesto por diferentes autores (Beynon et al., 2011; Dauty et al., 2010), en nuestro protocolo planteamos una estructura de tratamiento bien definida y dividida en distintas fases con objetivos concretos en cada fase. El proceso de rehabilitación se deberá controlar adecuadamente atendiendo a las características propias de cada uno de los pacientes, prestando especial

atención a la aparición de posibles signos como: dolor en la rodilla, inflamación articular, sensación de inestabilidad y estancamiento en la ganancia de recorrido articular.

Otro punto en común observado entre nuestro protocolo y en la mayoría de las investigaciones consultadas es la incorporación de ejercicios de control neuromuscular y propioceptivo en todas las fases del protocolo adaptándolos a cada una de las fases (Fukuda et al., 2013; Beynnon et al., 2011; Sekir et al., 2010; Hart et al., 2012). Los autores también recomiendan en las fases tempranas de la recuperación la realización de ejercicios en cadena cinética cerrada (CCC). La principal característica de este tipo de ejercicios es que producen un menor dolor femoro-patelar, provocan un menor componente de laxitud articular, son más funcionales y porque en su realización se activan muchos grupos musculares que actúan como estabilizadores (Glass et al., 2010). En nuestro protocolo y basándonos en lo propuesto por Wilk y col. y Hartigan y col. la incorporación de los ejercicios en CCC se realizó en la 3ª semana de tratamiento (Wilk et al., 2012; Hartigan et al., 2010). Posteriormente, se introdujeron ejercicios en cadena cinética abierta (CCA) ya que la realización de estos ejercicios comporta una fijación del segmento proximal y una liberación del segmento distal circunstancia que provoca una decoaptación de la articulación de la rodilla con el consiguiente riesgo para la integridad del injerto (Meuffels et al., 2012). Con el objetivo de proteger el injerto, y en concordancia con lo descrito en la literatura, la introducción en nuestro protocolo de los ejercicios en CCA de isquiotibiales se realizó a las 5 semanas, mientras que los de cuádriceps se introdujeron a los 2,5 meses de la intervención (Wilk et al., 2012; Lemiesz et al., 2011). Como señala Harris y col. señalan que el 76% de los estudios permiten la carrera continua a los 3 meses de la reconstrucción, por nuestra parte iniciamos la carrera continua en piscina a los 2 meses de la intervención, permitiendo la carrera sin gravedad a los 2,5 meses y la carrera continua en el campo a los 3,5 meses (Harris et al., 2014). Según este mismo autor, el 67% de los estudios permiten el regreso a los deportes que implican acciones pivotantes y de cambios de dirección a los 6 meses. El 57% de los estudios permitían volver a practicar deporte sin restricciones a los 6 meses mientras que el 86% de los estudios permitían el regreso a los 9 meses (Harris et al., 2014).

Narducci y col. y Thomee y col. realizaron revisiones de la literatura concluyendo que hay una escasez de literatura acerca del momento en que un deportista está en situación de volver a la práctica deportiva. Estos estudios indicaban que los deportistas de élite vuelven a la competición antes que los deportistas recreacionales a sus actividades deportivas, esto es debido a la disponibilidad de realizar tratamientos más intensivos por parte de los deportistas de élite (Narducci et al., 2011; Thomee et al., 2011). La edad también podría ser un factor que influye sobre el retorno a la competición. Los pacientes más jóvenes (menores de 20 años) muestran un retorno más rápido a la competición, probablemente este factor esté relacionado con las características biológicas de las personas de menor edad y no con el protocolo de Rhb (Spindler et al., 2011).

La vuelta a la práctica deportiva después de una reconstrucción y Rhb del LCA es también una cuestión que necesita de una mayor investigación para llenar el vacío existente en la literatura. Actualmente no existe un criterio universal que guíe la práctica clínica y que garantice un retorno seguro a la competición (Czuppon et al., 2014; Yabroudi e Irrgang, 2013; Feller y Webster, 2013). Por lo que futuros estudios deberían ir encaminados a subsanar las carencias detectadas y descritas en nuestro estudio.

Ardern y col. publicaron dos revisiones sistemáticas en las que evaluaron la incidencia de la vuelta al deporte y los factores asociados que pueden interferir en el regreso al deporte después de una reconstrucción del LCA. El número de deportistas que volvieron a su actividad fue del 81% al 82%, la cantidad de deportistas que consiguieron volver al mismo nivel previo a la lesión fue de un 63% a un 65%, mientras que los que lo hicieron a un nivel de competición fue del 44% a 55%. Las causas más comunes del no retorno a la competición eran el miedo a la recidiva, en el 19% de los casos, y los problemas funcionales de la rodilla reconstruida, en un 13% de los casos (Ardern et al., 2014; Ardern et al., 2011). Warner y col. realizaron una revisión bibliográfica con el objetivo de conocer si el retorno a la competición después de la reconstrucción del LCA variaba entre deportes y encontraron que los deportistas que

practicaban deportes como el ciclismo y el atletismo tenían más probabilidades de volver al deporte que los que practicaban deportes que requerían acciones pivotantes y de cambios de dirección como el fútbol o el rugby ([Warner et al., 2011](#)). Otros estudios han evaluado los criterios empleados por los artículos revisados para determinar el retorno sin restricciones al deporte después de la reconstrucción del LCA y encontraron que el 40% y el 60% de los artículos no incluyeron ningún criterio objetivo de reincorporación al deporte. Barber-Westin y Noyes informaron que el tiempo transcurrido desde la cirugía era el único criterio que se utilizaba en el 32% de los estudios, el 15% de los estudios informaron que el criterio seguido era el tiempo desde la cirugía junto con criterios subjetivos que no se podían medir. Sólo el 13% de los estudios utilizaron criterios objetivos para la determinación de regreso al deporte que incluían, la fuerza muscular, el perímetro del muslo, el examen general de la rodilla, pruebas de salto de una sola pierna, y el test de Lachman ([Barber-Westin y Noyes, 2011](#)). Por otro lado, Petersen y Zantop señalan que en un estudio publicado por la Association for Joint Surgery aproximadamente el 63,5% de los artículos recomiendan la vuelta a la competición después de los de 6 meses después de la reconstrucción del LCA. Los criterios más frecuentes que utilizan para dictaminar la vuelta a la competición son la presencia de una prueba de Lachman negativa 81,7%. Seguido de la existencia de un ROM articular completo 78,4%, y una prueba de Pivot Shift negativa 60,1%. Únicamente el 40,8% de los estudios informaron de la utilización de un análisis de la fuerza muscular como criterio para permitir el regreso a la actividad deportiva sin ningún tipo de restricción ([Petesen y Zantop., 2013](#)).

Recientemente se ha demostrado que la inclusión de un psicólogo como parte de un equipo multidisciplinar de trabajo en la Rhb mejora los resultados clínicos después de la reconstrucción del LCA ([Zaffagnini et al., 2013](#)). Tal y como señalan Roessler y col., la actitud psicológica del deportista podría influir negativamente y poner en peligro el éxito de la reconstrucción y el resultado de la rehabilitación ([Roessler et al., 2015](#)). Al deseo del deportista de élite por volver a la competición se le añade la posibilidad de ser influenciado por personas, instituciones, medios de comunicación, miembros de su

familia, entrenadores, compañeros de profesión, rivales, amigos, seguidores, representantes, sponsors. Todas estas opiniones pueden influenciar negativamente en el deportista al juzgar el proceso de Rhb. Es necesario advertir, que el deportista está tratando de volver lo más rápido posible a la competición con la presión que esto puede conllevar, mientras que por otro lado, otros insisten en que el deportista debe acortar el proceso de Rhb para intentar volver cuanto antes a la competición. El miedo del deportista a decepcionar a sus seguidores, la posibilidad de una pérdida de ingresos económicos o el temor a que se produzca una nueva lesión, pueden influir negativamente en la recuperación del deportista (Nylan et al., 2014). Otro factor que puede influir en la vuelta a la competición del deportista es su personalidad. Los deportistas ambiciosos, muy motivados y altamente competitivos tienen más probabilidades de volver a la competición que los deportistas más comedidos, tranquilos y reflexivos (Roessler et al., 2014). Existen varias escalas psicológicas que confirman que en ocasiones una de las razones para no volver a la competición puede estar relacionado con problemas psicológicos y no por motivos asociados a la rodilla (Ardern et al., 2014).

Nuestro estudio constata que, la ratio H/Q está fuertemente relacionada con la capacidad funcional de la rodilla. Siendo utilizado para identificar desequilibrios funcionales de la musculatura flexoextensora y la estabilidad de la rodilla en deportistas. La ratio H/Q es un valor a tener en consideración tanto en la prevención de lesiones o como indicador para la vuelta al deporte tras una intervención quirúrgica del LCA. A nuestro juicio y basándonos en nuestra experiencia en valoraciones isocinéticas en deportistas de élite, las evaluaciones isocinéticas deberían realizarse e incluirse en la batería de pruebas que realizamos a los deportistas en la pretemporada. Los resultados permitirían obtener valores objetivos y fiables que podríamos utilizar como herramienta para la identificación de posibles riesgos de lesión tanto musculares como en la articulación de la rodilla.

En nuestro estudio, y debido a las características de los deportistas evaluados y a las características del deporte de élite, nos ha sido imposible la obtención de registros previos a la lesión ya que los deportistas acudían al centro exclusivamente para realizar

la Rhb derivados de los servicios médicos de los clubs o federaciones de procedencia, de manera que no todos los deportistas iniciaban la Rhb en el mismo instante, circunstancias que han provocado limitaciones en el estudio. La particularidad de la muestra obtenida en nuestro estudio nos ha imposibilitado también, la elaboración de un grupo control y de un reparto homogéneo de la muestra, hecho que igualmente es una limitación en nuestro estudio.

Como se desprende de nuestros resultados, creemos que es necesaria una precisa comprensión de la relación H/Q en los deportistas de élite intervenidos quirúrgicamente para la reconstrucción del LCA. Los análisis deben comparar la extremidad sana con la intervenida y analizar los valores de fuerza máxima tanto del cuádriceps como de los isquiotibiales en acciones concéntricas y excéntricas para determinar la magnitud de los mismos. Cualquier cambio en esos valores provoca variaciones en los valores de la ratio H/Q.

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CONCLUSIONES.

- 1.- En una muestra de 168 deportistas de élite intervenidos de LCA y valorados isocinéticamente tras la realización de un protocolo de Rhb intensivo y multidisciplinar, la totalidad de los deportistas evaluados alcanzaron un valor de ratio H/Q superior al 80%.
- 2.- Existen diferencias estadísticamente significativas en la ratio H/Q cuando se realiza una comparación entre la pierna lesionada y la sana, siendo mayor el valor de la ratio obtenida en la pierna lesionada.
- 3.- No existen diferencias estadísticamente significativas en la ratio H/Q respecto a : (1) que la pierna lesionada sea la izquierda o la derecha; (2) el momento en el que se realiza la valoración, siempre que se efectúe en un tiempo superior a los 4 meses; (3) el deporte practicado; (4) el género de los deportistas y (5) que la rotura del LCA lleve asociadas lesiones en la rodilla.
- 4.- Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los dos diferenciales de fuerza tanto en los isquiotibiales como en los cuádriceps, obteniendo valores más elevados de pérdida de fuerza en los cuádriceps.
- 5.- Se observan diferencias estadísticamente significativas respecto a los dos tipos de intervenciones más utilizadas HTH y ST en relación con la ratio H/Q, obteniendo unas pérdidas de fuerza mayor en el músculo cuádriceps y una ganancia en los músculos isquiotibiales cuando se realiza una intervención con HTH. Por el contrario, cuando se emplea una intervención con ST se observa una ganancia en el músculo cuádriceps y una pérdida en los músculos isquiotibiales.

INTRODUCCIÓN

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

MATERIAL Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA.

- Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, et al. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med.* 1998;26:231–237.
- Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, et al. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: Influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand.* 1995;154:421-427.
- Adachi N, Ochi M, Uchio Y, et al. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(3):330-334.
- Adsuar JC, Olivares PR, del Pozo-Cruz B, et al. Test-retest reliability of isometric and isokinetic knee extension and flexion in patients with fibromyalgia: evaluation of the smallest real difference. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;9(10):1646-1651.
- Ageberg E, Roos HP, Silbernagel KG, et al. Knee extension and flexion muscle power after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft or hamstring tendons graft: a cross-sectional comparison 3 years post surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17(2):162–169.
- Aglietti P, Giron F, Buzzi R, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(10):2143–2155.
- Alm A, Ekstrom H, Gillquist J. The anterior cruciate ligament. *Acta Orthop Scand.* 1974;445:3-49.
- American Physical Therapy Association: *Guide to Physical Therapist Practice*, ed. 2. *Phys Ther.* 2001;81:9–744.
- Amiel D, Kleiner JB. The phenomenon of “ligamentation”: anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. *J Orthop Res* 1986;4:162-72.

- Andernord D, Bjornsson H, Petzold M, et al. surgical predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction: results from the swedish national Knee Ligament Register on 13,102 patients. *Am J sports Med.* 2014;42:1574-1582.
- Anderson JL, Lamb SE, Barker KL, et al. Changes in muscle torque following anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between hamstrings and patella tendon graft procedures on 45 patients. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(5):546-552
- Anderson MJ, Browning WM, Urband CE et al.,. A Systematic Summary of Systematic Reviews on the Topic of the Anterior Cruciate Ligament. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* 2016;4(3).
- Andrade MS, De Lira CA, Koffes FC, et al. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity. *J Sports Sci.* 2012;30(6):547-553.
- Ardern CL, Österberg A, Tagesson S, et al. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2014;48:1613-1619.
- Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, et al. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014;48:1543-1552.
- Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med.* 2011 45(7):596-606.
- Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995;23:694-701,

- Bach BR, Adalen KJ, Dennis MG, et al. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using fresh-frozen, nonirradiated patellar tendon allograft. *Am J Sports Med.* 2005;33:284-292.
- Barber-Westin SD, Noyes FR. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2011;27(12):1697-1705.
- Barenius B, Webster WK, McClelland J, et al. Hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction: does gracilis tendon harvest matter? *Int Orthop.* 2013;37(2):207–212.
- Beard DJ, Anderson JL, Davies S, et al. Hamstrings vs. patella tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised controlled trial. *Knee.* 2011;8(1):45–50.
- Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, et al. Treatment of anterior cruciate ligament injuries (part I). *Am J Sports Med.* 2005;33:1579-1602.
- Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, et al. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(9):1503–1513.
- Beynon BD, Johnson RJ, Naud S, et al. Accelerated versus nonaccelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind investigation evaluating knee joint laxity using roentgen stereophotogrammetric analysis. *Am J Sports Med.* 2011 Dec;39(12):2536-2548.
- Beynon BD, Uh BS, Johnson RJ, et al. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med.* 2005;33:347-359.

- Bien DP, Dubuque T J. Considerations for late stage acl rehabilitation and return to sport to limit re-injury risk and maximize athletic performance. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10(2):256-271.
- Bien DP. Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes. *J. Strength Cond Res.* 2011;25(1):271-285.
- Bizzini M, Gorelick M, Munzinger U, et al. Joint laxity and isokinetic thigh muscle strength characteristics after anterior cruciate ligament reconstruction: bone patellar tendon bone versus quadrupled hamstring autografts. *Clin J Sport Med.* 2006 16(1):4–9.
- Boden BP, Dean GS, Feagin JA, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopaedics.* 2000;23:573-578.
- Boden BP, Sheehan FT, Torg J.S, et al. Non-contact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *J. Am. Acad. Orthop Surg.* 2010;18,520-527.
- Brand E, Nyland J. Patient outcomes following anterior cruciate ligament reconstruction: the influence of psychological factors. *Orthopedics.* 2009;32(5):335.
- Calmels PM, Nellen M, Van der Borne I, et al. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor-extensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78:1224–1230.
- Campbell DE, Glenn W. Rehabilitation of knee extensor and flexor muscle strength in patients with meniscectomies, ligamentous repairs and chondromalacia. *Physical Therapy.* 1982;62:10-15.
- Carvalho HM, Coelho E Silva MJ, Ronque ER, Assessment of reliability in isokinetic testing among adolescent basketball players. *Medicina.* 2011;47(8):446-452.
- Cascio BM, Culp L, Cosgarea AJ. Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med.* 2004 Jul;23(3):395-408.

- Casteleyn PP, Handelberg F. Non-operative management of anterior cruciate ligament injuries in the general population. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78:446–451
- Casteleyn PP. Management of anterior cruciate ligament lesions: surgical fashion, personal whim or scientific evidence? Study of medium- and long-term results. *Acta Orthop Belg.* 1999;65:327–339.
- Cha PS, Brucker PU, West RV, et al., Arthroscopic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction An anatomic approach. *Arthroscopy.* 2005;21:1275-1277.
- Chaler J, Abril MA, Garreta R, et al. Rehabilitación acelerada de la plastia de ligamento cruzado anterior en el entorno de una mutua de accidentes de trabajo. *Rehabilitación (Mad.)* 2001;35(5):295-301 .
- Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician.* U.S. Naval Hospital, Yokosuka, Japan 2010;82(8):917–922.
- Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, et al. Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *Am. J. Sports Med.* 2002 Mar-Apr;30(2);199-203.
- Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, et al. Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: A Prospective Study. *Am. J. Sports Med.* 2008 Aug;36(8):1469-1475.
- Crossley KM, Zhang WJ, Schache AG, et al. Performance on the single-leg squat task indicates hip abductor muscle function. *Am J Sports Med.* 2013 39:866–873.
- Cvetanovich GL, Mascarenhas R, Saccomanno MF, et al. Hamstring autograft versus soft-tissue allograft in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arthroscopy.* 2014;30:1616–1624.
- Cvjetkovic DD, Bijeljic S, Palija S, et al. Isokinetic testing in evaluation rehabilitation outcome after ACL reconstruction. *Medical Archives.* 2015;69(1):21-23.

- Czaplicki A, Jarocka M, Walawski J. Isokinetic Identification of Knee Joint Torques before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *PLoS One*. 2015 Dec 8;10-12.
- Czuppon S, Racette BA, Klein SE, et al. Variables associated with return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2014;48:356-364.
- Dauty M, Menu P, Dubois C. Effects of running retraining after knee anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann Phys Rehabil Med*. 2010 Apr;53(3):150–161.
- Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, et al. Muscular isokinetic strength recovery after knee anterior cruciate ligament reconstruction revision: preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2014 Feb;57(1):55-65.
- Dauty M, Potiron-Josse M, Rochcongar P. Consequences and prediction of hamstring muscle injury with concentric and eccentric isokinetic parameters in elite soccer players. *Ann Readapt Med Phys*. 2003;46:601-606.
- Dauty M, Tortellier L, Rochcongar P. Isokinetic and anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings or patella tendon graft: analysis of literature. *Int J Sports Med*. 2005;26(7):599–606.
- Davies GJ. *A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques*. 4th ed. Onalaska, WI: S&S Publishers; 1992: 35–50.
- De Jong SN, van Caspel DR, van Haeff MJ, et al. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions. *Arthroscopy*. 2007;23:21-28.
- De Palma AE, Connolly JE. *The management of fractures and dislocations*. Saunders WB, editor. Philadelphia 1984.
- Delextrat A, Gregory J, Cohen D. The use of the functional H:Q ratio to assess fatigue in soccer. *Int J Sports Med*. 2010 Mar;31(3):192-197.

- Della Villa S, Boldrini L, Ricci M, et al. Clinical outcomes and return-to-sports participation of 50 soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction through a sport-specific rehabilitation protocol. *Sports Health*. 2012;4:17-24.
- Della Villa S, Kon E, Filardo G, et al. Does intensive rehabilitation permit early return to sport without compromising the clinical outcome after arthroscopic autologous chondrocyte implantation in highly competitive athletes? *Am J sports Med*. 2010;38:68-77.
- Delp SL, Hess WE, Hungerford DS, et al. Variation of rotation moment arms with hip flexion. *J Biomech*. 1999;32:493–501.
- Diermann N, Schumacher T, Schanz S, et al. Rotational instability of the knee: internal tibial rotation under a simulated pivot shift test. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129(3):353–358.
- Drake RL, Vogl W, Mitchel AWN. *Gray. Anatomía para estudiantes*. Editorial Elsevier. Ed. 38°. 1998.
- Eitzen I, Holm I, Risberg MA, et al. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*. 2009;43(5):371–376.
- Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, et al. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized study with a two-year follow-up. *Am J Sports Med*. 2003 Jan-Feb;31(1):19-25.
- Ellenbecker TS, Roetert EP, Riewald S. Isokinetic profile of wrist and forearm strength in elite female junior tennis players. *Br.J.Sports Med*. 2006;40(5):411-414.
- Failla MJ, Arundale AJ, Logerstedt DS, et al. Controversies in knee rehabilitation: anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med*. 2015 Apr;34(2):301-312.

- Farshad M, Gerber C, Meyer D, et al. Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis. *BMC Health Serv Res.* 2011; 11:317.
- Feil S, Newell J, Minogue C, et al. The Effectiveness of Supplementing a Standard Rehabilitation Program With Superimposed Neuromuscular Electrical Stimulation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized, Single-Blind Study. *Am J Sport Med.* 2011;(39):1238–1247.
- Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-retest reliability of the Biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1990;11:298-300.
- Feller J, Webster KE. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop.* 2013; 37(2):285–290.
- Flynn TW, Cleland JA, Whitman JM. Users guide to the musculoskeletal examination: fundamentals for the evidence-based clinician. United States: Evidence in Motion; 2008. Rittenhouse Book.
- Frobell R, Roos E. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med.* 2010;4(363):330–342.
- Fukuda TY, Fingerhut D, Moreira VC, et al. Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med.* 2013 Apr;41(4):788–794.
- Gear W. Effect of Different Levels of Localized Muscle Fatigue on Knee Position Sense *J Sports Sci Med.* 2011 Dec;10(4):725–730.
- Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U, et al. The presence of proprioceptive mechanoreceptors in the remnants of the ruptured ACL as a possible source of re-innervation of the ACL autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9:364-368.

- Georgoulis AD, Ristanis S, Moraiti CO, et al. ACL injury and reconstruction: Clinical related in vivo biomechanics. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96: S119–128.
- Gerodimos V, Mandou V, Zafeiridis A, et al. Isokinetic peak torque and hamstring/quadriceps ratio in young basketball players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43:444-452.
- Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, et al. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *J Sci Med Sport* 2009;12(6):622–627.
- Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med.* 2008;36:1476–1483.
- Glass R, Waddell J, Hoogenboom B. The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Patients with ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. *N Am J Sports Phy Ther.* 2010;5(2):74-84.
- Graham-Smith P, Lees A. Risk assessment of hamstring injury in rugby union place kicking, In W. Spinks, T. Reilly, & A. Murphy (Eds.), *Science and football IV* (pp. 182-189) London: Routledge. 2002.
- Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, et al. Non-contact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 2000;8:141-150.
- Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries. A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. *Am J Sports Med;* 2006,34:1512–1532.
- Guillen García P, Jiménez Collado J, Concejero López V, Abad Morenilla JM. Anatomía quirúrgica de la rodilla. *Rev Ortop Traum* 1984;28:251-266.

- Harris JD, Abrams GD, Bach BR, et al. Return to sport after ACL reconstruction. *Orthopedics*. 2014;37:103-108.
- Hart JM, Kuenze CM, Pietrosimone BG, et al. Quadriceps function in anterior cruciate ligament-deficient knees exercising with transcutaneous electrical nerve stimulation and cryotherapy: a randomized controlled study. *Clin Rehabil*. 2012 Nov;26(11):974–981.
- Harter RA, Osternig LR, Singer KM, et al. Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*. 1988; 16: 434-343.
- Hartigan EH, Axe MJ, Snyder-marckler L. Time line for noncopers to pass return to sports criteria after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010 Mar;40(3):141-154.
- Hartigan EH, Zeni J Jr, Di Stasi S, et al. Preoperative predictors for noncopers to pass return to sports criteria after ACL reconstruction. *J Appl Biomech*. 2012 28(4):366–373.
- Hasegawa S, Kobayashi M, Arai R, et al. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21(4):622–630.
- Heiple KG, Lovejoy CO. The distal femoral anatomy of Australopithecus. *Am J Phys Anthropol*. 1971 Jul;35(1):75-84.
- Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes a prospective study. *Am J Sports Med*. 1999;27(6):699-705.

- Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005;33(4):492–501.
- Hewett TE, Myer GD., The effects of oral contraceptives on knee stability and neuromuscular performance in female athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:S207.
- Hewett TE, Zazulak BT, Myer GD., Effects of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2007;35:659–668.
- Hicks-Little CA, Thatcher JR, Hauth JM, et al. Menstrual cycle stage and oral contraceptive effects on anterior tibial displacement in collegiate female athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007;47:255–260.
- Hisop H. Perrine JJ: The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther.* 1967;47:114-117 .
- Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, et al. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res.* 2007;21:41–47.
- Hootman J, Dick R., Agel J. Epidemiology of collegiate injuries for 15 Sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J Athl Train.* 2007;42(2):311-319.
- Huesa Jiménez F. Método isocinético. En: Huesa Jiménez F, Carabias Aguilar A, editores. *Isocinéticos: metodología y utilización.* Revista Mapfre. 2000;43-47.
- Inoue M, McGurk E, Hollis JM, et al. Treatment of the medial collateral ligament injury. *Am J Sports Med.* 1987;15:15-21.
- Ithurburn MP, Paterno MV, Ford KR, et al. Young Athletes With Quadriceps Femoris Strength Asymmetry at Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Demonstrate Asymmetric Single-Leg Drop-Landing Mechanics. *Am J Sports Med.* 2015 Nov;43(11):2727-2737.

- Janssen RP, du Mée AW, van Valkenburg J, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction with 4-strand hamstring autograft and accelerated rehabilitation: a 10-year prospective study on clinical results, knee osteoarthritis and its predictors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013;21(9):1977-1988.
- Jansson KA, Linko E, Sandelin J, et al. A prospective randomized study of patellar versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2003;31(1):12–18.
- Jordan MJ, Aagaard P, Herzog W. Rapid hamstrings/quadriceps strength in ACL-reconstructed elite Alpine ski racers. *Med Sci Sports Exerc*. 2015 Jan;47(1):109-119.
- Josa S, Palacin A, Fadurdo R, et al. The importance of the mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament in their biological plasticity. *Rev. Chir Orthop*. 1993;79:232.
- Kannus P. Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee. Relationship to long-term recovery. *Physical Therapy*. 1988;68:961–965.
- Kapandji IA. *Physiologie articulaire*. Tomo II: Ed. Maloine. Paris 1974.
- Karanikas K, Arampatzis A, Brüggemann GP. Motor task and muscle strength followed different adaptation patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2009;45(1):37–45
- Keays SL, Bullock-Saxton JE, Keays AC, et al. A 6-year follow-up of the effect of graft site on strength, stability, range of motion, function, and joint degeneration after anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus semitendinosus and Gracilis tendon graft. *Am J Sports Med*. 2007;35(5):729–739
- Kendall F, Kendall P, Provance P. *Kendall's Musculos: Pruebas funcionales, postura y dolor*. 5ta ed. Madrid, España: Marban libros, S.L; 2007.

- Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament: as determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg.* 1974;56:223-225.
- Kennedy JC., Alexander IJ y Hayes KC: Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am.J. Sports Med.* 1982;10:329-335.
- Kern HM, Jr., Straus WL, Jr. The femur of Plesianthropus transvaalensis. *Am J Phys Anthropol.* 1949 Mar;7(1):53-77.
- Khosravi E, Ghasemi G, Zolaktaf V. Comparison of isokinetic strength and H:Q ratio between ACL reconstructed athletes and non-injured athletes. *Br J Sports Med.* 2010;44:i12.
- Kim HJ, Lee JH , Ahn SE, et al. Influence of Anterior Cruciate Ligament Tear on Thigh Muscle Strength and Hamstring-to-Quadriceps Ratio: A Meta-Analysis. *PLoS One.* 2016 Jan 8;11(1):e0146234. doi: 10.1371/journal.pone.0146234.
- Kim HS, Seon JK, Jo AR. Current Trends in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2013;25(4):165-173.
- Kirkendall DT, Garrett WE., The anterior cruciate ligament enigma. Injury mechanisms and prevention. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;372:64–68.
- Ko MS, Yang SJ, Ha JK, et al. Correlation between Hamstring Flexor Power Restoration and Functional Performance Test: 2-Year Follow-Up after ACL Reconstruction Using Hamstring Autograft. *Knee Surg Relat Res.* 2012;24:113–119.
- Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport : Phys ther Sport Med.* 2010;11(1):12-17.

- Kraeutler MJ, Bravman JT, McCarty EC. Bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft in outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of 5182 patients. *Am J Sports Med.* 2013;41:2439-2448.
- Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:1737-1748.
- Kwan MK, Lin TH, Woo SL. On the viscoelastic properties of the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament. *J Biomech.* 1993 Apr-May;26(4-5):447-452.
- Lambson RB, Barnhill BS, Higgins RW. Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries: a 3-year prospective study. *Am J Sports Med.* 1996;24:155-159.
- Lange T, Freiberg A, Dröge P, et al. The reliability of physical examination tests for the diagnosis of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review. *Man Ther.* 2015 Jun;20(3):402-411.
- Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, et al. Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(11):1009–1016
- Lee DH, Lee JH, Jeong HJ, et al. Lack of Correlation between Dynamic Balance and Hamstring-to- Quadriceps Ratio in Patients with Chronic Anterior Cruciate Ligament Tears. *Knee Surg Relat Res.* 2015; 27: 101–107.
- Lee JC, Kim JY, Park GD. Effect of 12 Weeks of Accelerated Rehabilitation Exercise on Muscle Function of Patients with ACL Reconstruction of the Knee Joint. *Phys. Ther. Sci.* 2013; 25(12):1595-1599.

- Lefevre N, Bohu Y, Klouche S, et al. Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013 Sep;99(5):571-575.
- Lemiesz G, Lemiesz E, Wolosewich M, et al. The effectiveness of rehabilitation procedure after the reconstruction of the anterior cruciate ligament according to the Norwegian protocol. *Polish Ann Med.* 2011 Jan; 18(1):82-95.
- Li RT, Lorenz S, Xu Y, et al. Predictors of radiographic knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011;39(12):2595–2603.
- Lloyd D, Buchanan T, Besier T. Neuromuscular biomechanical modelling to understand knee ligament loading. *Med Sci Sports Exer.* 2005;37:1939-1947.
- Lobb R, Tumilty S, Claydon LS. A review of systematic reviews on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. *Phys Ther Sport.* 2012; 13(4):270–278.
- López D. Lesiones del ligamento cruzado anterior en el deportista. *Prevenir. Revista de la Mutualidad General Deportiva.* 2006;24:37-47.
- López G, Fernández L, Gutierrez JL, et al. Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología.* 2011;55:9-18.
- Lubowitz JH, Bernardini BJ, Reid JB. Current concepts review: comprehensive physical examination for instability of the knee. *Am J Sports Med.* 2008;36(3):577-594.
- Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, et al. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(10):2321–2328.
- Maestro A, Álvarez A, del Valle M, et al. La reconstrucción anatómica bifascicular del LCA con único túnel tibial. *Cuadernos Artroscopia* 2008;5:20-29.

- Makhni EC, Padaki AS, Petridis PD, et al. High Variability in Outcome Reporting Patterns in High-Impact ACL Literature. *J Bone Joint Surg Am*. 2015 Sep 16;97(18):1529-1542.
- Maletis GB, Inacio MCS, Desmond JL, et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Association of graft choice with increased risk of early revision. *Bone Joint J* 2013;95-B:623–628.
- Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, et al. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res*. 1995;13:930-935.
- Martin HJ, Yule V, Syddall HE, et al. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. *Gerontology*. 2006;52(3):154-159.
- Martineau PA, Al-Jassir F, Lenczner E, et al. Effect of the oral contraceptive pill on ligamentous laxity. *Clin J Sport Med*. 2004;14:281–286.
- Marx RB, Jones EC, Angel M, et al. Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. *Arthroscopy*. 2003;19:762-770.
- Mascarenhas R, Erickson BJ, Sayegh ET, et al. Is there a higher failure rate of allografts compared with autografts in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthroscopy*. 2015;31:364-372.
- Maxey L, Magnusson J. *Rehabilitation for the postsurgical orthopedic patient*. St. Louis, MO: Mosby Elsevier. 2007 .
- McLean SG, Fellin RE, Suedekum N, et al. Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:502–514.
- Melnyk M, Kofler B, Faist M, et al. Effect of whole-body vibration session on knee stability. *Int J Sports Med*; 2008;29:839–844.

- Meuffels D, Poldervaart M, Diercks R, et al. Guideline on anterior cruciate ligament injury. A multidisciplinary review by the Dutch Orthopaedic. *Acta Orthop*. 2012 Aug;83(4):379-386.
- Micheo W, Hernandez L, Seda C. Evaluation, management, rehabilitation, and prevention of anterior cruciate ligament injury: current concepts. *Am J Phys Med Rehabil*, 2010;2,935-944.
- Miralles RC, Miralles I., Biomecánica de las desalineaciones. In: Miralles RC, Miralles I (eds) *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*, 2007, 1st ed. Masson, Barcelona, pp 71–74.
- Miralles RC, Saltor M, Los vicios de torsión de la extremidad inferior. *Rev Ortop Traumatol*. 1987;33:131–135.
- Mohtadi NG, Chan DS, Dainty KN, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011 Sep;7(9).
- Moksnes H, Risberg M. Performance-based functional evaluation of non-operative and operative treatment after anterior cruciate ligament injury. *Scand J Med Sci Sports* 2009; 19:345-55.
- Monk AP, Davies LJ, Hopewell S, et al,. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Apr 3;4:CD011166. doi: 10.1002/14651858.CD011166.pub2.
- Morales C, Paz M, Leal I, et al. Plastia de ligamento cruzado anterior con técnica de U-Dos. *Acta Ortopédica Mexicana*. 2013; 27(3):142-148.
- Mulligan EP, McGuffie DQ, Coyner K, et al. The Reliability and Diagnostic Accuracy of Assessing the Translation Endpoint during the Lachman Test. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(1):52-61.

- Myer GD, Ford KR, Paterno MV, et al. The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *Am J Sports Med.* 2008;36:1073–1080.
- Myer GD, Martin L Jr, Ford KR, et al. No association of time from surgery with functional deficits in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: evidence for objective return-to-sport criteria. *Am J Sports Med.* 2012 Oct;40(10):2256-2263.
- Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med* 2005;39:127–131.
- Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L, et al. Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball: a prospective study covering two seasons. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7:289-292.
- Narducci E, Waltz A, Gorski K, et al. The clinical utility of functional performance tests within one-year post-ACL reconstruction: a systematic review. *Int J Sports Phys Ther.* 2011;6:333-342.
- Natri A, Järvinen M, Kannus P et al. Isokinetic muscle performance after anterior cruciate ligament surgery. *Int J Sports Med.* 1996;17:223–228.
- Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, et al. Development of a strength test battery for evaluating leg muscle power after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(6):571–580.
- Nielsen S, Helmig P. Instability of knees with ligament lesions. *Acta Orthop Scand.* 1985;56:426-429.
- Nordin M, Frankel VH. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. *J Biomech.* 2002;35(6):872.
- Nyland J, Brand E, Fisher B. Update on rehabilitation following ACL reconstruction. *Open Access J Sports Med.* 2010;1:151–166.

- Nyland J, Kuzemchek S, Parks M, et al. Femoral anteversion influences vastus medialis and gluteus medius EMG amplitude: composite hip abductor EMG amplitude ratios during isometric combined hip abduction-external rotation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(2):255–226.
- Nyland J. Coming to terms with early sports specialization and athletic injuries. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014;44(6):389–390.
- Nyland JA. Redirecting the thrust to put “therapeutic” back into therapeutic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45(3):148–150.
- Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball. *Am J Sports Med;* 2004, 32:1002–1012.
- O'Shea KJ, Murphy KP, Heekin RD, et al. The diagnostic accuracy of history, physical examination, and radiographs in the evaluation of traumatic knee disorders. *Am J Sports Med.* 1996 Mar-Apr;24(2):164-167.
- Osternig LR, Ferber R, Mercer J, et al. Human hip and knee torque accommodations to anterior cruciate ligament dysfunction. *Eur J Appl Physiol.* 2000;83(1):71–76.
- Otten R, BPhty, Whiteley R, Mitchell T. Effect of Subject Restraint and Resistance Pad Placement on Isokinetic Knee Flexor and Extensor Strength Implications for Testing and Rehabilitation *Sports Health.* 2013 Mar;5(2):137–142.
- Ozçakar L, Kunduracıoğlu B, Cetin A, et al. Comprehensive isokinetic knee measurements and quadriceps tendon evaluations in footballers for assessing functional performance. *Br J Sports Med.* 2003 Dec;37(6):507-510.
- Palmieri-Smith RM, Thomas AC. A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with ACL injury. *Exerc Sport Sci Rev.* 2009; 37: 147–153.

- Palomar Gallego MA., Linares García R. en: Basas García A., Fernández de las Peñas C. y Martín Urrialde J.A. Tratamiento fisioterápico de la rodilla. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid, 2003.
- Park HS, Wilson NA, Zhang LQ. Gender differences in passive knee biomechanical properties in tibial rotation. *J Orthop Res.* 2008; 26:937–944.
- Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med.* 2010;38:1968-1978.
- Persson A, Fjeldsgaard K, Gjertsen J, et al. Increased risk of revision with hamstring tendon grafts compared with patellar tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction. A study of 12,643 patients from the Norwegian Cruciate Ligament Registry, 2004–2012. *Am J Sports Med* 2014;42:285-291.
- Petersen W, Forkel P, Achtnich A, et al. Technique of anatomical footprint reconstruction of the ACL with oval tunnels and medial portal aimers. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013 133(6):827–833.
- Petersen W, Taheri P, Forkel P, et al., Return to play following ACL reconstruction: a systematic review about strength deficits. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2014;134:1417–1428.
- Petersen W, Zantop T. Return to play following ACL reconstruction: survey among experienced arthroscopic surgeons (AGA instructors). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133(7):969–977.
- Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, et al. A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med* 2007;35:564–574.

- Poulsen MR, Johnson DL. Graft selection in anterior cruciate ligament surgery. *Orthopedics* 2010;33:832–835.
- Prentice WE. *Arenheim's Principles of Athletic Training A Complimentary-Based Approach*. New York, NY: McGraw-Hill Companies, Inc. 2006.
- Preuschoft H. Mechanical analyses of primate feet. II. The foot as a whole. *Z Anat Entwicklungsgesch* 1970;131(2):156-92.
- Quatman CE, Hewett TE. The anterior cruciate ligament injury controversy: is “valgus collapse” a sex-specific mechanism? *Br J Sports Med*. 2009;43:328-335.
- Rahnama N, Reilly T, Lees A, et al. A comparison of musculoskeletal function in elite and sub-elite English soccer players, In T. Reilly and M. Marfell-Jones (Eds.), *Kinanthropometry VIII: Proceedings of the Eighth International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry* 2003:151-164. London: Taylor and Francis.
- Redfern MS, Cham R, Gielo-Perczak K, et al. Biomechanics of slips. *Ergonomics* 2001;44(13):1138-66.
- Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med*. 2008;42:394–412.
- Roberts CC, Towers JD, Spanghel MJ, et al. Advanced MR imaging of the cruciate ligaments. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2007;15:73-86.
- Roessler KK, Andersen TE, Lohmander S, et al. Motives for sports participation as predictors of self-reported outcomes after anterior cruciate ligament injury of the knee. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(3):435-440.

- Roewer BD, Di Stasi SL, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and weight acceptance strategies continue to improve two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Biomech.* 2011;44(10):1948–1953.
- Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training.* 2001;36:378–383.
- Rudolph KS, Axe MJ, Buchanan TS, et al. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(2):62–71.
- Rue JP, Ghodadra N, Bach BR. Femoral tunnel placement in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A cadaveric study relating transtibial lateralized femoral tunnel position to the anteromedial and posterolateral bundle femoral origins of the anterior cruciate ligament. *Am j Sports Med.* 2008;36:73-79.
- Saenz, A, Avellanet, M, Hijos E, et al. Knee isokinetic test-retest: A multicentre knee isokinetic test-retest study of a fatigue protocol. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46(1):81-88.
- Sanchez A, Fernandez C, Llorensí G, et al. Rehabilitación tras reconstrucción del LCA con plastia H-T-H. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2009;26(133):365-381.
- Scapinelli R. Studies on the vasculature of the human knee joint. *Acta Anat.* 1968;70:305-331.
- Schmitt LC, Paterno MV, Ford KR, et al. Strength Asymmetry and Landing Mechanics at Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* 2015 Jul;47(7):1426-1434.
- Sekir U, Gur H, Akova B. Early versus late start of isokinetic hamstring-strengthening exercise after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon graft. *Am J Sports Med.* 2010 Mar;38(3):492–500.

- Shambaugh JP, Klein A, Herbert JH. Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:522–527.
- Shelbourne K, Davis T, Klootwyk T. The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med.* 1998;26:402-408.
- Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990;18:292-299.
- Shultz SJ, Nguyen AD, Beynonn BD., Anatomical factors in ACL injury risk. In: Hewett TE, Shultz SJ, Griffin LY (eds) *Understanding and preventing non-contact ACL injuries*, 1stedn. Human Kinetics, 2007 Champaign, pp 239–258.
- Shultz SJ, Schmitz RJ, Benjaminse A, et al. ACL Research Retreat VI: An Update on ACL Injury Risk and Prevention: March 22–24, 2012; Greensboro, NC. *J Athl Train.* 2012;47(5):591-603.
- Silva RT, Gracitelli GC, Saccol MF, et al. Shoulder strength profile in elite junior tennis players: horizontal adduction and abduction isokinetic evaluation. *Br.J.Sports Med.* 2006;40:513-517.
- Slocker de Arce A, Carrascosa J, Fernández F, et al. “Análisis isocinético de la flexo-extensión de la rodilla y su relación con la antropometría del miembro inferior”. *Rehabilitación (Madrid)*, 2002;36:86-92.
- Smillie IS. *Injuries of the knee joint*. Livingstone C, editor. Edimburg.1977.
- Smith TO, Postle K, Penny F, et al. Is reconstruction the best management strategy for anterior cruciate ligament rupture? A systematic review and meta-analysis comparing anterior cruciate ligament reconstruction versus non-operative treatment. *Knee.* 2014 Mar;21(2):462-470.

- Spindler KP, Huston LJ, Wright RW, et al. the prognosis and predictors of sports function and activity at minimum 6 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a population cohort study. *Am J sports Med.* 2011;39:348-359.
- St Clair Gibson A, Lambert MI, Durandt JJ, et al. Quadriceps and hamstrings peak torque ratio changes in persons with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000;30:418-427.
- Stanish WD, Rubinovich R, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Othop* 1986;208:65-68.
- Stark T, Walker B, Phillips, et al. Hand-held dy-namometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM & R : The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation* 2011;3(5),472-479.
- Swann C , Moran A, Piggott D. Defining elite athletes: Issues in the study of expert performance in sport psychology. *Psychol Sport Exerc.*2015;16(1):3-14.
- Tardieu C, Trinkaus E. Early ontogeny of the human femoral bicondylar angle. *Am J Phys Anthropol.* 1994 Oct;95(2):183-95.
- Tashiro T, Kurosawa H, Kawakami A, et al. Influence of medial hamstring tendon harvest on knee flexor strength after anterior cruciate ligament reconstruction. A detailed evaluation with comparison of single- and double-tendon harvest. *Am J Sports Med.* 2003;31(4):522–529.
- Taylor DC, DeBerardino TM, Nelson BJ, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial using similar femoral and tibial fixation methods. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1946-1957.

- Terreri A: Isokinetic assessment of the flexor-extensor balance of the knee in athletes with total rupture of the anterior cruciate ligament. *Rev Hosp Clín Fac Med Sao Paulo*. 1999;54(2):35-38.
- Testut L, Latarjet, A. *Tratado de Anatomía Humana*. Salvat E, editor. Barcelona 1981.
- Thomas S, Pullagura M, Robinson E, et al. The value of magnetic resonance imaging in our current management of ACL and meniscal injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2007;15(5):533-536.
- Thomee R, Kaplan Y, Kvist J, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19:1798-1805.
- Torres R. *Reconstrucción del LCA desde el portal anteromedial; evaluación de la fijación femoral en un modelo cadavérico*: Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Medicina, departamento de medicina. 2014.
- Trinkaus E. The Neandertals from Krapina, northern Yugoslavia: an inventory of the lower limb remains. *Z Morphol Anthropol*. 1975;67(1):44-59.
- Tsepis E, Giakas G, Vagenas G, et al. Frequency content asymmetry of the isokinetic curve between ACL deficient and healthy knee. *J Biomech*. 2004 Jun;37(6):857-864.
- Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, et al. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *Am J Sports Med*. 2003;31:831-842.
- Urbach D, Nebelung W, Becker R, et al. Effects of reconstruction of the anterior cruciate ligament on voluntary activation of quadriceps femoris a prospective twitch interpolation study. *Bone Joint J. Volume*. 2001;83(8):1104-1110.
- Vairo GL, Myers JB, Sell TC, et al. Neuromuscular and biomechanical landing performance subsequent to ipsilateral semitendinosus and gracilis autograft anterior

cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008;16(1):2–14.

Vairo GL. Knee flexor strength and endurance profiles after ipsilateral hamstring tendons anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Physical Med Rehabil.* 2014;95(3):552-561.

Van Grinsven S, Van Cingel RE, Holla CJ, et al. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Aug;18(8):1128-1144.

Vaquero J, Calvo JA, Forriol F. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Revista de Traumatología Fundación Mapfre.* 2008;19:22-38.

Véliz C. Evaluación muscular isocinética del grupo flexo-extensor de rodilla. *Kinesiología.* 2000;59:53-57.

Walden M, Hagglund M, Magnusson H, et al. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg.Sports Traumatol.Arthrosc.* 2011; 19(1):11-19.

Wanner JA. Variations in the anterior patellar groove of the human femur. *Am J Phys Anthropol.* 1977 Jul;47(1):99-102.

Warner SJ, Smith MV, Wright RW, et al. Sportspecific outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2011;27:1129-1134.

Webster KE, Feller JA, Leigh WB, et al. Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2014;43:641–647.

Weisman G, Pope MH, Johnson RF. Cyclic loading in knee ligament injuries. *Am J Sports Med.* Jan 1980;8(1):24-30.

- Wera JC, Nyland J, Ghazi C, et al. International knee documentation committee knee survey use after anterior cruciate ligament reconstruction: a 2005–2012 systematic review and world region comparison. *Arthroscopy*. 2014;30(11):1505–1512.
- Wilk KE, Macrina LC, Cain EL, et al. Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012 Mar;42(3):153–171.
- Wilk KE. Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention and Rehabilitation: Let's Get It Right. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2015; 45(10):729-730.
- Wipfler B, Donner S, Zechmann CM, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon versus hamstring tendon: a prospective comparative study with 9-year follow-up. *Arthroscopy*. 2011 May;27(5):653-65.
- Wright RW, Haas AK, Anderson J, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: MOON guidelines. *Sports Health*. 2015;7(3):239–243.
- Wright RW, Preston E, Fleming BC, et al. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *J Knee Surg*. 2008;21:225-234.
- Xergia SA, McClelland JA, Kvist J, et al. The influence of graft choice on isokinetic muscle strength 4–24 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011 19(5):768–780.
- Yabroudi MA, Irrgang JJ. Rehabilitation and return to play after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med*. 2013;32:165-175.
- Yoon JP, Yoo JH, Chang CB, et al. Prediction of chronicity of anterior cruciate ligament tear using MRI findings. *Clin Orthop Surg*. 2013;5:19–25.

- Zaffagnini S, Russo RL, Marcheggiani GM, et al. The Videoin sight method: improving rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction-a preliminary study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21:851-858.
- Zakas A, Mandroukas K, Vamvakoudis E, et al. Peak torque of quadriceps and hamstrings muscles in basketball and soccer players of different divisions. *J Sports Med Phys Fitness.* 1995;35:199-205.
- Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, et al. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Oct;14(10):982-992.
- Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, et al. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med.* 2007;35:1123–1130.
- Zhang LQ, Nuber GW, Bowen MK, et al: Multiaxis muscle strength in ACL deficient and reconstructed knees: compensatory mechanism. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:2-8.
- Zwolski C, Schmitt LC, Thomas S, et al. The Utility of Limb Symmetry Indices in Return-to-Sport Assessment in Patients With Bilateral Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(8):2030-2038.

INTRODUCCIÓN

HIPOTESIS Y OBJETIVOS

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Identification : ENR-MED-42/D		
PROCEDURE SYSTEMATIQUE D'ECHAUFFEMENT EN VUE DE LA REALISATION DU TEST ISOCINETIQUE		
Epaule <input type="checkbox"/>	Genou <input type="checkbox"/>	Entrée <input type="checkbox"/>
Chevilles <input type="checkbox"/>		Sortie <input type="checkbox"/>
NOM	PRENOM	date / /
<u>EPAULE</u>		
LE SPORTIF :	PROTOCOLE D'ECHAUFFEMENT : 20 minutes	REALISE
		NON REALISE
Travail dynamique des rotateurs internes et externes concentriques + excentriques en retour 2 x 10 répétitions		
<u>CHEVILLE</u>		
LE SPORTIF :	PROTOCOLE D'ECHAUFFEMENT : 20 à 30 minutes	REALISE
		NON REALISE
STEPPER : 10 min (pointe et pied à plat)		
VELO : 10 min à 90 RPM		
6 sec.d'étirements actifs + 6 sec. d'activation du Triceps		
2 séries de 10 mouvements à la presse en bipodal		Poids.....kg
<u>GENOU</u>		
LE SPORTIF :	PROTOCOLE D'ECHAUFFEMENT : 30 à 40 minutes	REALISE
		NON REALISE
VELO : 10 min à 90 RPM		
STEPPER ou ELLIPTEUR : 10 min		
2 séries de 10 mouvements à la presse en bipodal		Poids.....kg
6 sec.d'étirements actifs + 6 sec. d'activation du Quadriceps		
6 sec.d'étirements actifs + 6 sec. d'activation des Ischio-Jambiers		
6 sec.d'étirements actifs + 6 sec. d'activation du Triceps		
2 séries de 10 répétitions d'HALTEROCHAISE avec charge		Poids.....kg
VELO : 5 min à 90 RPM		
LE KINESITHERAPEUTE :		
VALIDATION DU PROGRAMME D'ECHAUFFEMENT PAR LE KINE	OUI	NON
TEST ISOCINETIQUE	Douleurs musculotendineuses	Aucune ou courbatures
SIGNATURE DU KINESITHERAPEUTE	SIGNATURE DU PATIENT	

CONSENTEMENT ECLAIRE POUR UNE EVALUATION MUSCULAIRE ISOCINETIQUE

Dans le cadre de votre séjour, pour évaluer votre force musculaire, nous allons réaliser une épreuve isocinétique sur Biodex.

Ce test est très important car il permet de juger vos aptitudes musculaires. Il évalue la force pure, la force explosive, mais également les capacités freinatrices musculaires (excentriques).

Ce test isocinétique fait partie d'une évaluation globale de votre épaule / genou / cheville* et permettra d'évaluer vos capacités à la reprise de votre sport.

Ce test correspond à une épreuve de force maximale de vos muscles, c'est la raison pour laquelle ils doivent être préparés par le protocole (cf : au verso) afin de prévenir le risque de blessure tendino-musculaire.

CONSENTEMENT ECLAIRE

Je soussigné.....certifie avoir pris connaissance du risque de blessure tendino-musculaire pouvant survenir du fait du test musculaire isocinétique.

Je déclare avoir bien compris l'intérêt de ce test et les risques pouvant en découler ainsi que la nécessité du protocole d'échauffement préalablement au test. J'ai pu poser toutes les questions que je souhaitais.

Je consens à réaliser l'évaluation.

Date :

Signature patient :

* Rayer les mentions inutiles

VERSO

Anexo 1. Consentimiento informado



Anexo 2. Equipo de electroterapia CefarCompex Physio 5® y electrodos autiadhесivos (Compex, USA).



Anexo 3. Equipo de electroterapia Veinoplus® (Ad Rem Technology. Saint Honoré. Paris).



Anexo 4. Equipo de presoterapia Lympa-mat gradient® (BOSL Medizintechnik. Alemania)



Anexo 5. Equipo de crioterapia Game ready GRPRO 2.1®. (Cool Systems Inc. Concord, California)



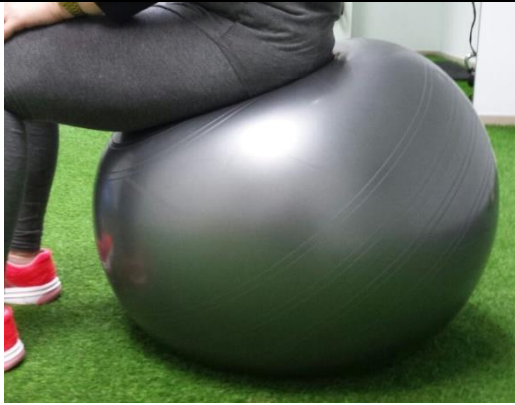
Anexo 6. Equipo de rehabilitación KINETEC®
(Kinetec SAS. Tournes, Francia).



Anexo 7. Banda elástica Theraband®
(Hygenic Corporation. Akron, Ohio).



Anexo 8. Tapiz rodante antigravitatorio ALTER G Anti-Gravity Treadmill® (American Medical Device Company. Fremont, California).



Anexo 9. Fitball (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 10. Balón medicinal de 2 kg. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 11. Disco de 10 kg. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 12. Mancuerna de 3 kg. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 13. Unidad de Press de banca, modelo Technogym LEG PRESS-SELECTION (Technogym S.P.A. Cesena FR)



Anexo 14. Tobillera lastrada de 2 kg. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 15 . Unidad de isquiotibiales, modelo Technogym LEG CURL-SELECTION. (Technogym S.P.A. Cesena FR)



Anexo 16. Plataforma inestable Bosu® (Official Global Headquarters. Ashland, Ohio).



Anexo 17. Espejo.



Anexo 18. Material de flotación y de resistencia. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 19. Balón medicinal de 5 kg. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 20. Unidad LEG EXTENSION ELEMENT+ (Technogym S.P.A. Cesena FR).



Anexo 21. Cama elástica. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).



Anexo 22. Cajón de 50 cm. (PITK S.L. Beriaín, España).



Anexo 23. Escalera de de coordinación. (DECATHLON Villeneuve d'asq, Francia).

TESIS DOCTORAL

TÍTULO

Valoración de la efectividad de un protocolo de rehabilitación intensivo y multidisciplinar en deportistas de élite intervenidos del LCA mediante la evaluación isocinética de la ratio funcional H/Q.

AUTOR

Pablo Granell Blanch

DIRECTORES

Dr. D. Pedro Pablo Rosado Calatayud

Dr. D. Juan José Amer Cuenca

Dr. D. Vicent Benavent Caballer

Departamento de Fisioterapia

Universidad CEU Cardenal Herrera. Valencia, 2017

