

TRABAJO DE FIN DE GRADO

REHABILITACIÓN DE LA ROTURA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN EL FÚTBOL

**PROPUESTA DE PROTOCOLO DE LA
REHABILITACIÓN DEL LCA**

AUTORA: AINHOA ALVAREZ AJURIA

TUTOR: ITURRIAGA MADARIAGA, GORKA

GRADO DE CIENCIAS EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

2016/2017

CONVOCATORIA: JUNIO, 2017

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	3
RESUMEN.....	4
MARCO TEÓRICO.....	5
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	5
ANATOMÍA DE LA RODILLA	6
BIOMECÁNICA DE LA RODILLA	8
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR.....	13
ANATOMÍA DEL LCA	14
BIOMECÁNICA DEL LCA	16
INCIDENCIA DE LESIONES DE LCA	18
FACTORES DE LESIONABILIDAD (DIFERENCIAS EN SEXOS)	22
REHABILITACIÓN DE LA ROTURA DEL LCA	31
PROPUESTA DE UN PROTOCOLO PARA LA REHABILITACIÓN DEL LCA.....	39
FASE PRE-OPERATORIA.....	41
FASE INMEDIATA	44
IMPORTANCIA DEL ÁNGULO DE RODILLA DURANTE EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA.....	46
FASE TEMPRANA.....	48
FASE MEDIA.....	49
FASE AVANZADA.....	53
FASE DE RETORNO AL DEPORTE	57
EVALUACIONES.....	61
ARCO DE MOVILIDAD.....	61
FUERZA MUSCULAR	62
PRUEBA ISOCINÉTICA.....	63
PRUEBA DE LACTATO	68
PLIOMETRÍA.....	69
BORG	71
PUNTUALIZACIONES PARA LA DEPORTISTA FEMENINA	71
CONCLUSIONES.....	74
REFERENCIAS	76
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Resumen de los factores de riesgo y propuesta de prevención.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Plan semanal en la fase pre-operatoria.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 3. Tensión y ángulo de rodilla en ejercicios sin carga.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 4 Tensión y ángulo de rodilla en ejercicios con carga.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 5. Plan semanal en la fase intermedia.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 6. Plan semanal de la fase avanzada.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 7. Plan semanal en la fase de retorno al deporte.</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 8. Activación muscular en camilla</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 9. Movilidad de ROM.</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 10. Normalización del patrón de la marcha.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 11. Ejercicios de CORE.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 12. Ejercicios de piscina</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 13. Ejercicios de piscina.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 14. Sesión de fuerza.....</i>	<i>93</i>

RESUMEN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es uno de los ligamentos que tiene gran importancia en la cinemática de la rodilla. Biomecánicamente, tiene un papel fundamental, ya que participa en acciones como saltos y caídas, y sobre todo en los cambios de dirección. En el deporte, en el fútbol concretamente, es una de las lesiones que más teme el jugador, aunque no sea la lesión más frecuente, si es una de las lesiones que más tiempo deja al futbolista lejos de los terrenos de juego.

La razón por la que el LCA se lesiona es multifactorial. Hay diversos estudios en los que pretenden buscar las principales razones de la lesionabilidad de este ligamento, sobre todo en casos de mujeres donde el porcentaje de esta lesionabilidad en comparativa con los hombres aumenta de manera considerable.

En este sentido, dado los porcentajes de roturas de LCA, estudios sobre la rehabilitación de este son infinitos. Con los años, han salido a la luz diferentes tipos de rehabilitaciones, para poder encontrar un modo cada vez más eficaz para el retorno del deportista, pudiendo así, disminuir el tiempo de rehabilitación sin alterar la recuperación de la rodilla.

En el siguiente trabajo, teniendo de referencia y como experiencia personal la rehabilitación del LCA, se pretende incluir un protocolo de rehabilitación donde se tenga en cuenta aspectos tanto de la recuperación conservadora como la acelerada, y otros matices personalizados para el caso de las mujeres.

A lo largo de los últimos años, se han publicado abundantes estudios sobre las fortalezas y debilidades de los dos tipos de rehabilitación, por lo que, no es fácil seleccionar y considerar un único protocolo. Es por esto, que se pretende crear como una nueva alternativa, una combinación de los dos tipos de protocolo de rehabilitación, donde diferentes metodologías se complementen para la eficacia de la recuperación.

MARCO TEÓRICO

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

La rodilla es una articulación sinovial o diartrosis compuesta, que conecta el fémur y la tibia en una articulación bicondílea, así como el fémur y la rótula en una articulación troclear (ginglimo) (Morales Trevizo, Paz García, Leal Berumen, Leal Contreras y Berumen Nafarrete, 2013). La rodilla constituye uno de los elementos más complejos del cuerpo humano, debido a su diseño. Esencialmente es una articulación dotada de un solo sentido de libertad de movimiento: la flexión–extensión; pero de manera accesoria posee un segundo sentido de libertad: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que solo aparece cuando la rodilla está flexionada (Góngora, Rosales, González, y Pujals, 2003).

Con todo lo anterior, la rodilla consigue sus 2 objetivos básicos: amplia libertad de movimientos y total estabilidad, sobre todo en extensión completa; posición en la que soporta grandes presiones, debidas al peso del cuerpo y la longitud de los brazos de palanca. Alcanza una gran movilidad a partir de cierto ángulo de flexión, muy necesaria en la carrera y para orientar óptimamente el pie en relación con las irregularidades del terreno (Góngora et al., 2003).

Esta articulación es vulnerable a lesiones graves y al desarrollo de artrosis, ya que las extremidades inferiores soportan casi todo el peso del cuerpo (Morales Trevizo, Paz García, Leal Berumen, Leal Contreras y Berumen Nafarrete, 2013).

Así, las lesiones en cualquiera de estas estructuras suelen provocar una alteración o variante de la estabilidad biomecánica y funcional de la articulación. La lesión más común es la que afecta al ligamento cruzado anterior, representando el 50% de las lesiones ligamentosas de la rodilla, produciéndose el 75% durante actividades deportivas (Gotlin y Huie, 2000), y afectando en mayor proporción a las mujeres que a los hombres (Ramos, López-Silvarrey, Segovia, Martínez, y Legido, 2008).

ANATOMÍA DE LA RODILLA

La rodilla se clasifica como biaxial y condílea, en la cual una superficie cóncava se desliza sobre otra convexa alrededor de 2 ejes. Como superficies articulares presenta cóndilos del fémur, superficie rotuliana del fémur, carilla articular de la rótula y meniscos femorales (estructuras cartilaginosas que actúan como cojinetes, amortiguando el choque entre el fémur y la tibia). La cápsula articular es grande y laxa, y se une a los meniscos (Góngora et al., 2003).

Por otro lado, conviene destacar que otros anatomistas sostienen que la articulación de la rodilla está compuesta, desde el punto de vista morfológico, por la yuxtaposición de dos articulaciones secundarias: la femorrotuliana (que es troclear) y la femorotibial (que es condílea con meniscos interpuestos) (Góngora et al., 2003). La unión de la parte distal del fémur y proximal de la tibia forman una articulación de tipo doble-condílea llamada articulación femorotibial; la unión de los cóndilos femorales y la rótula forman la articulación femorotuliana o femoropatelar, también clasificada como doble-condílea. Ambas articulaciones están envueltas por una misma cápsula articular (Schünke Schulte, Schumacher y Wesker, 2010). La primera (articulación femorrotuliana) constituye una articulación por deslizamiento; protege por delante el conjunto articular y; elevando al mismo tiempo al músculo cuádriceps, permite que las tracciones de este sobre la tibia tengan lugar con un cierto ángulo de inclinación y no en sentido paralelo, pues así aumenta su poder de tracción (Góngora et al., 2003).

Con respecto a la articulación femorotibial puede decirse que el menisco articular la divide en 2 cámaras: la proximal o superior, que corresponde a la articulación femoromeniscal, responsable de los movimientos de flexión y extensión de la pierna; y la distal o inferior, que corresponde a la articulación meniscotibial y permite los movimientos de rotación de la pierna (Góngora et al., 2003).

La rodilla humana está construida normalmente con un cierto grado de valgusismo. Ello significa que estando extendido el miembro inferior, los ejes del

fémur y de la tibia no se continúan en línea recta, sino que forman un ángulo obtuso abierto hacia afuera (ángulo femorotibial) (Góngora et al., 2003).

Por otro lado encontramos la bolsa sinovial, la cual, contiene líquido sinovial, que, entre otras funciones metabólicas, reduce la fricción entre huesos, tendones y músculos (Schünke Schulte et al., 2010).

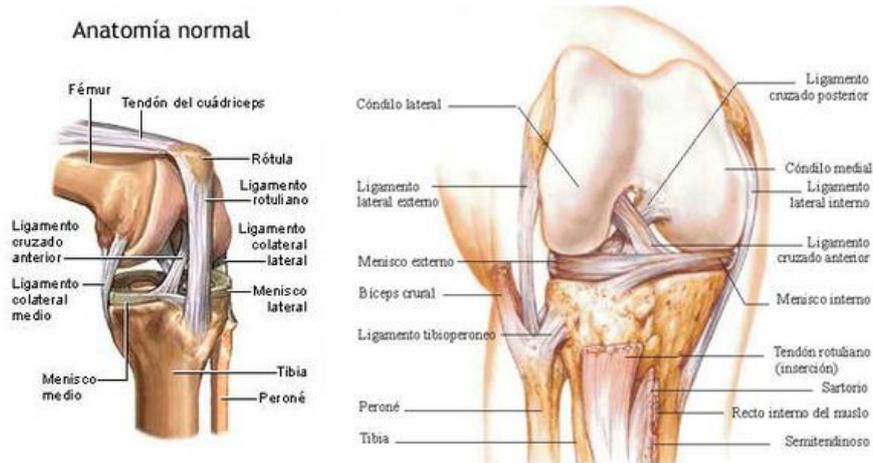


Ilustración 1. Anatomía de la rodilla.

<http://www.trickon.com/bmx/articulo/prevencion-de-riesgos-disfrutables-5-la-rodilla-las-patologias-mas-frecuentes>

El complejo ligamentoso refuerza la congruencia de la estructura. Morales Trevizo et al. explican que la rodilla cuenta con cuatro ligamentos principales (ver ilustración 1):

1. Ligamento colateral medial (LCM), el cual se extiende a lo largo de la parte interior de la rodilla evitando el valgo forzado o en otras palabras que ésta se doble hacia adentro.
2. Ligamento colateral lateral (LCL), el cual se extiende a lo largo de la parte exterior de la rodilla evitando el varo forzado o en otras palabras que ésta se doble hacia afuera.
3. Ligamento cruzado anterior (LCA), se encuentra localizado parte media de la rodilla y evita que la tibia se deslice hacia anterior al fémur y brinda estabilidad rotacional a la rodilla.

4. Ligamento cruzado posterior (LCP), que trabaja junto con el LCA y evita que la tibia se deslice hacia posterior por debajo del fémur.

Entre el fémur y la tibia se encuentran también el menisco lateral y medial, estructuras fibrocartilaginosas y de tejido conectivo que facilitan la distribución de las cargas entre huesos, ampliando la superficie articular y favoreciendo la unión de estas superficies. Los músculos que intervienen durante el movimiento de la rodilla son: (Schünke Schulte et al., 2010).

- Origen distal a la rodilla: Cuádriceps (a través de un tendón común se unen los cuatro vientres musculares, crural, vasto medial, vasto lateral y recto interno), isquiotibiales (Porción lateral: bíceps femoral y porciones mediales: semitendinoso y semimembranoso), grácil, sartorio, tensor de la fascia lata y poplíteo.
- Origen proximal a la rodilla: Gastrocnemios (medial y lateral), plantar delgado (inconstante anatómica).

BIOMECÁNICA DE LA RODILLA

El funcionamiento de la rodilla resulta muy complejo, pues por un lado ha de poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso corporal sobre un área relativamente pequeña; pero al mismo tiempo debe estar dotada de la movilidad necesaria para la marcha y la carrera, para orientar eficazmente al pie en relación con las irregularidades del terreno. La articulación de la rodilla puede permanecer estable cuando es sometida rápidamente a cambios de dirección durante la actividad, la cual se conoce como estabilidad dinámica de la rodilla. Esto corresponde al resultado de la integración de la geometría articular, a las restricciones de los tejidos blandos y cargas aplicadas a la articulación a través de la acción muscular y el punto de apoyo que sostiene el peso (Ocampo y Granada, 2011).

La arquitectura ósea de la rodilla suministra una pequeña estabilidad a la articulación, debido a la incongruencia de los cóndilos tibiales y femorales; sin embargo, la forma, orientación y propiedades funcionales de los meniscos

mejora la estabilidad de la articulación, que es mínima considerando los grandes pesos transmitidos a través de la articulación. Asimismo, los tejidos, los ligamentos y los músculos de la rodilla contribuyen significativamente a su estabilidad (Ocampo y Granada, 2011).

Los ligamentos de la rodilla guían los segmentos esqueléticos adyacentes durante los movimientos articulares y las restricciones primarias para la traslación de la rodilla durante la carga pasiva. Las restricciones de fibras de cada ligamento varían en dependencia del ángulo de la articulación y el plano en el cual la rodilla es cargada. La estabilidad de la rodilla está asegurada por los ligamentos cruzados anterior y posterior y los colaterales interno (tibial) y externo (peroneo). El ligamento cruzado anterior (LCA) tiene la función de evitar el desplazamiento hacia delante de la tibia respecto al fémur; el cruzado posterior (LCP) evita el desplazamiento hacia detrás de la tibia en relación con el fémur, que a 90° de flexión se verticaliza y tensa y por ello es el responsable del deslizamiento hacia atrás de los cóndilos femorales sobre los patillos tibiales en el momento de la flexión, lo cual proporciona estabilidad en los movimientos de extensión y flexión (Góngora et al., 2003).

Los ligamentos laterales brindan una estabilidad adicional a la rodilla; así, el colateral externo o peroneo (LLE), situado en el exterior de la rodilla, impide que esta se desvíe hacia adentro, mientras que el colateral interno o tibial (LLI) se sitúa en el interior de la articulación, de forma que impide la desviación hacia afuera, y su estabilidad depende prácticamente de los ligamentos y los músculos asociados (Góngora et al., 2003).

Consecuentemente, en la mayoría de los casos hay muchos ligamentos que contribuyen sinérgicamente a la estabilidad dinámica de la rodilla; mientras que los esfuerzos combinados de ligamentos y otros tejidos blandos suministran a la rodilla buena estabilidad en condiciones cuando las cargas aplicadas a la articulación son moderadas, la tensión aplicada a estos tejidos durante alguna actividad agresiva (detener o cambiar con rapidez la dirección en ciertos deportes) suele exceder a su fuerza. Por esta razón se requieren fuerzas estabilizadoras adicionales para mantener la rodilla en una posición donde la tensión en los ligamentos permanezca dentro de un rango

seguro. Las fuerzas compresivas de la rodilla, resultantes del soporte del peso del cuerpo y las cargas aplicadas a los segmentos articulares por actividad muscular, suministran estas fuerzas estabilizadoras (Góngora et al., 2003).

El complejo de la rodilla cuenta con músculos biarticulares que pueden generar variaciones en los rangos de movimiento. Un rango normal de movimiento para la flexión de rodilla es de 130° a 140°; sin embargo, si la cadera se encuentra en una posición de hiperextensión, el rango podrá disminuir a un valor de 120° por la fuerza tensil que ejerce el músculo recto anterior sobre el movimiento de la rodilla. En la flexión máxima de cadera, el rango de movimiento puede aumentar hasta un rango de 160° (Claudia, Constanza y Tolosa, 2008).

Los rangos de movimiento máximos requeridos durante actividades funcionales son: para la marcha, flexión de 60°; para el ascenso de escaleras, 80° y para la posición sedente, 90°. La extensión de rodilla es de 0° y puede ser funcional entre 5-10° (Claudia et al., 2008).

Para los movimientos debe tenerse en cuenta que el espesor y volumen de un ligamento son directamente proporcionales a su resistencia e inversamente proporcionales a sus posibilidades de distensión (Góngora et al., 2003).

Góngora et al., nos explican que la articulación de la rodilla realiza fundamentalmente movimientos en 2 planos perpendiculares entre sí: flexo-extensión en el plano sagital (eje frontal) y rotación interna y externa en el plano frontal (eje vertical).

1. Movimientos de flexión y extensión: Se realizan alrededor de un eje frontal, bicondíleo, que pasa los epicóndilos femorales.

Se realiza en un plano sagital, con un eje horizontal que pasa a través de los cóndilos femorales. Este eje presenta una ligera oblicuidad, más inferior en la cara medial de la articulación, lo cual causa que la tibia se dirija lateralmente en el movimiento de extensión y medialmente en el movimiento de máxima flexión (Claudia et al., 2008).

Limitantes de la flexión: a) Distensión de los músculos extensores (cuádriceps crural); b) por la masa de los músculos flexores en el hueso poplíteo; y c) El segmento posterior de los meniscos (Góngora et al., 2003).

Limitantes de la extensión: a) Distensión de los músculos flexores; b) el segmento anterior de ambos meniscos; c) la distensión de la parte posterior del manguito capsulo ligamentoso; d) los 2 ligamentos laterales, que al estar situados por detrás del eje de movimientos, se ponen cada vez más tensos a medida que el movimiento de extensión progresa (Góngora et al., 2003).

En la fase de postura, la flexión de la rodilla funciona como un amortiguador para ayudar en la aceptación del peso. La función de los ligamentos cruzados en la limitación de los movimientos angulares de la rodilla varía, según la opinión de los diferentes autores (Góngora et al., 2003).

2. Movimientos de rotación de la rodilla: Consisten en la libre rotación de la pierna, o sea, en que tanto la tibia como el peroné giran alrededor del eje longitudinal o vertical de la primera, en sentido externo o interno (Góngora et al., 2003).

La rodilla puede realizar solamente estos movimientos de rotación cuando se encuentra en posición de semiflexión, pues se producen en la cámara distal de la articulación y consisten en un movimiento rotatorio de las tuberosidades de la tibia, por debajo del conjunto meniscos-cóndilos femorales (Góngora et al., 2003).

En la extensión completa de la articulación, los movimientos de rotación no pueden realizarse porque lo impide la gran tensión que adquieren los ligamentos laterales y cruzados (Góngora et al., 2003).

La máxima movilidad rotatoria activa de la pierna se consigue con la rodilla en semiflexión de 90°. La rotación externa es siempre más amplia que la interna (4 veces mayor, aproximadamente) (Góngora et al., 2003).

Los movimientos de rotación desempeñan también una función importante en la flexión de las rodillas, cuando se pasa de la posición de pie a

la de cuclillas. La capacidad de rotación de la rodilla permite otros muchos movimientos, por ejemplo: cambiar la dirección de la marcha, girar sobre sí mismo, trepar por el tronco de un árbol y tomar objetos entre las plantas de los pies (Góngora et al., 2003).

Por último, existe una rotación axial llamada "automática", porque va unida a los movimientos de flexo extensión de manera involuntaria e inevitable. Cuando la rodilla se extiende, el pie se mueve en rotación externa; a la inversa, al flexionar la rodilla, la pierna gira en rotación interna. En los movimientos de rotación axial, los desplazamientos de la rótula en relación con la tibia tienen lugar en un plano frontal; en posición de rotación indiferente, la dirección del ligamento rotuliano es ligeramente oblicua hacia abajo y afuera (Góngora et al., 2003).

Los 2 ligamentos cruzados limitan el movimiento de rotación interna, que aumentan su cruzamiento, y deshacen este último cuando la pierna rota internamente, por lo que no pueden restringir este movimiento de manera alguna. El movimiento de rotación externa es limitado por el ligamento lateral externo, que se tuerce sobre sí mismo, y por el tono del músculo poplíteo (Góngora et al., 2003).

LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

El ligamento cruzado anterior (LCA), es una estructura intraarticular, con una disposición postero- anterior. Se origina en el cóndilo femoral externo y se inserta a nivel antero-medial en la espina inter-tibial medial (O'Connor, Sallis, Wilder y Patrick, 2004).

Los ligamentos cruzados de la rodilla son los encargados de regular la cinemática articular y los «órganos sensores» que informan de la musculatura periarticular influyendo sobre la posición de las superficies articulares, la dirección y la magnitud de las fuerzas y, también, de forma indirecta, sobre la distribución de las tensiones articulares. Sin embargo, la primera obligación del ligamento cruzado anterior (LCA) es impedir el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur y, en menor medida, controlar en carga la laxitud en varo, en valgo y la rotación; de hecho es una estructura estabilizadora en la rodilla de animales con poca inestabilidad rotacional (Forriol, Maestro, y Vaquero, 2008).

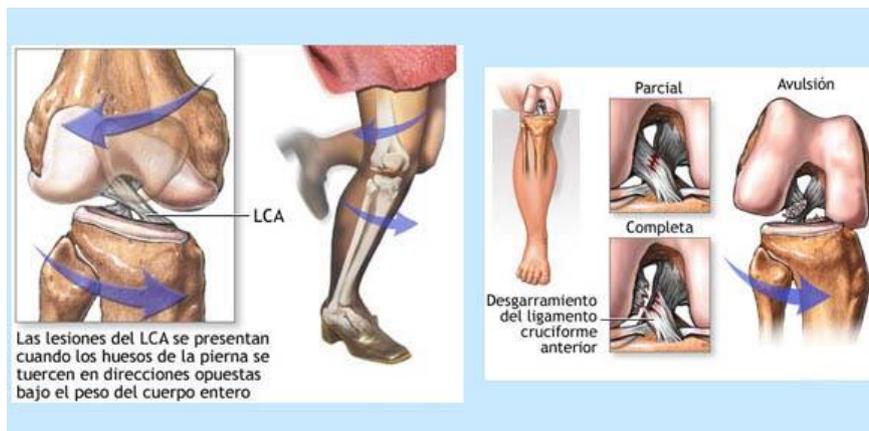


Ilustración 2. Mecanismo de lesión del LCA.

<http://www.drvaquero.com/ligamento-cruzado-anterior/>

La rotura del LCA, aislada o combinada con lesiones meniscales o de los ligamentos colaterales, producen cambios radiográficos degenerativos entre el 60 y el 90% De los pacientes, entre 10 y 15 años después de la lesión y, aunque la falta del LCA no siempre produce una pérdida funcional importante,

está indicada su reparación. Especialmente en los deportistas debe repararse el ligamento roto no sólo para volver a su actividad deportiva sino, también, para prevenir el riesgo de rotura del menisco y evitar cambios degenerativos articulares (Forriol, Maestro, y Vaquero, 2008).

El mecanismo de lesión más frecuente, en el LCA, es la rotación del fémur sobre una tibia fija (pie apoyado) durante un movimiento de valgo excesivo o forzado (pivote). También es común la hiperextensión de la rodilla, aislada o en combinación con rotación interna de la tibia. Últimamente se han observado lesiones del LCA durante una flexión forzada de rodilla, por lo que puede considerarse un tercer mecanismo lesional (Ramos, López-Silvarrey, Segovia, Martínez, y Legido, 2008).

ANATOMÍA DEL LCA

El LCA es un ligamento intra- articular que se inserta, distalmente, en el área prespinal de la cara superior de la extremidad proximal de la tibia para terminar, proximalmente, en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo y está formado por numerosas fibras que absorben las solicitaciones de tensión durante el arco de movimiento de la rodilla (Forriol et al., 2008)

Como señalaba Testut cada uno de los ligamentos cruzados presentan una doble oblicuidad, pues no sólo son oblicuos entre sí, sino que también lo son con sus homólogos laterales; el LCA lo es con respecto al ligamento lateral externo mientras que el ligamento cruzado posterior (LCP) con el lateral interno. La relación de longitud es constante entre ambos cruzados. El LCA es $5/3$ del LCP siendo esto una de las características esenciales de la rodilla y determinante de la función de los cruzados y de la forma de los cóndilos. Esta disposición permite que ambos cruzados tiren de los cóndilos femorales para que resbalen sobre los glenoides en sentido inverso de su rodadura, con el clásico concepto de atornillado o *roll-back* (Forriol et al., 2008).

Anatómicamente el ligamento cruzado anterior está formado por dos haces funcionales como se demuestra en estudios artroscópicos en fetos y

cadáveres; el haz antero- medial, más largo y más expuesto a los traumatismos y el haz postero- lateral, por detrás del anterior y por consiguiente, más resistente a los traumatismos soportando rupturas parciales (Morales Trevizo, et al., 2013).

La inserción tibial del LCA no es en la espina anteromedial sino en una fosa anterior y lateral a la espina medial; esta inserción tiene 11 mm de amplitud y 17 mm en dirección anteroposterior. La inserción tibial envía fibras hacia delante que pasan por debajo del ligamento meniscal transverso. El LCA está envuelto por la membrana sinovial, o sea, que es intra- capsular. Por su orientación espiral las fibras que se derivan de la porción más posterior y proximal del cóndilo femoral lateral y se insertan en la parte más anterior y medial de la tibia, conforman lo que se ha descrito como la banda anteromedial (AM). A la inversa, las fibras que surgen de la porción más anterior y superior del origen femoral llegan a la parte más postero-lateral de la inserción tibial, dando lugar a la banda postero-lateral (PL). Esta orientación permite que alguna parte del LCA esté tensa en todo el arco de movimiento, así: en extensión se encuentra tensa la banda PL y se tensiona aún más en hiperextensión; en flexión, el ligamento llega a ser más horizontal, tensionando la banda AM (Márquez y Márquez, 2009).



Ilustración 3. Anatomía del LCA.

<http://clinicabernaldez.com/rotura-del-ligamento-cruzado-anterior-ligamentoplastia/>

Los conceptos anatómicos y biomecánicos importantes del LCA normal son los siguientes: que cada fibra tiene un punto único de origen e inserción, que las fibras no son paralelas ni tienen la misma longitud y que no están bajo la misma tensión en ningún punto del movimiento. Las dimensiones del LCA son las siguientes: 25-38 mm de longitud, 7-12 mm de anchura y 4-7 mm de

grosor. El ligamento es más angosto en la porción proximal cerca del origen femoral y se ensancha cuando alcanza la inserción tibial. En cuanto a su microestructura, el LCA está compuesto de fibras de colágeno de 150-250 nanómetros de diámetro que se entrelazan para formar una red compleja. Varias de estas fibras se unen para formar unidades subfasciculares de 100-250 micrómetros de diámetro, cada una de ellas rodeada por una banda delgada de tejido conectivo laxo, el endotenon. Los subfascículos se unen para formar fascículos, rodeados por el epitenon. El ligamento está luego rodeado por el paratenon y la vaina sinovial. El LCA contiene estructuras neurales fusiformes consistentes en un solo axón rodeado por una cápsula fibrosa similar al órgano tendinoso de Golgi. La irrigación del LCA proviene de las arterias genicular media (ramas ligamentosas y terminales) y geniculares inferior y lateral (ramas terminales); también del plexo sinovial, que está conectado con la grasa infrapatelar (Márquez y Márquez, 2009).

BIOMECÁNICA DEL LCA

Como bien se ha dicho antes, Márquez y Márquez en el año 2009 nos explican que el LCA es la primera restricción para el desplazamiento anterior de la tibia. Junto con el ligamento cruzado posterior (LCP), el LCA determina la combinación de deslizamiento y rodamiento entre la tibia y el fémur que caracteriza la cinemática de la rodilla normal. Por lo tanto, la deficiencia del LCA no solo produce episodios de inestabilidad sino también una alteración de la mecánica articular, que puede contribuir a los cambios degenerativos que se ven a menudo en pacientes con insuficiencia de larga data del LCA. El LCA consiste en una serie de fibras que están tensas en diferentes posiciones de la rodilla. Se ha encontrado que las fibras más isométricas son las que pertenecen a la banda AM; la mayor parte del ligamento está tensa cuando la rodilla está extendida y relativamente laxa cuando está en flexión. Cuando hay una lesión del LCA la tibia se puede subluxar anteriormente, con los signos clínicos correspondientes, pero también puede haber cambios sutiles de la función articular, a saber: desplazamientos en la localización del centro de rotación instantáneo, o sea, para cada ángulo de movimiento, haciendo que los vectores de velocidad, que normalmente son paralelos a la superficie articular,

dejen de serlo; se producen así fuerzas compresivas a través de la articulación que pueden explicar la enfermedad articular degenerativa acelerada que frecuentemente acompaña las lesiones de este Ligamento (Márquez y Márquez, 2009).

El LCA comparte espacio con el ligamento cruzado posterior (LCP), cruzándose y entrelazándose con éste durante la torsión tibial medial (Alfonso y Sancho, 1992). Si analizamos la biomecánica del LCA, podemos observar que es una estructura de suma importancia en el movimiento y estabilidad de la rodilla entre sus funciones más específicas, cabe destacar la limitación del desplazamiento anterior de la tibia con respecto al fémur y las rotaciones de la pierna cuando la rodilla se encuentra en flexión (Traumatología SSE de CO., 2010); (Alfonso y Sancho, 1992).

Además, desempeña un importante papel en la nocicepción y propiocepción de la rodilla (4,5) (Alfonso y Sancho, 1992); (Bonsfills, Gómez-Barrena, Raygoza y Núñez, 2008).

Durante la extensión de rodilla el LCA contacta con la escotadura intercondílea con lo cual limita una mayor amplitud de movimiento. Conforme incrementa la flexión, el ligamento pierde su forma de abanico y sus fascículos se enrollan formando un cordón redondo (Traumatología SSE de CO., 2010); (Alfonso y Sancho, 1992).

Cuando esta estructura se lesiona se produce un aumento excesivo del rango de movimiento (ROM). La traslación anterior de la tibia queda limitada por estructuras de contención secundarias, generando además la pérdida de las contracciones musculares reflejas y la percepción de estabilidad articular (Butler y Noyes, 1980).

Tanto la estabilidad estática como la dinámica disminuyen, debido al daño de uno de los principales mecanismos de sujeción pasiva (Butler, Noyes, 1980). La estructura pierde mecanoreceptores, quedando alterada la información aferente necesaria para el control articular (Etty Griffin, 2003).

Si dividimos el movimiento de la articulación desde el punto de extensión hasta la flexión en tres partes, podemos explicar que de 0° a 30° promedio, el ligamento LCA se encuentra en tensión y el posterior relajado; de 25° a 40° de flexión (considerada como posición de reposo en la rodilla), tanto el LCA como el LCP muestran la misma tensión y entre los 90°-120°, el LCA estaría relajado, excepto por sus fibras anterosuperiores que se encontrarían en tensión (Morales Trevizo et al., 2013).

INCIDENCIA DE LESIONES DE LCA

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) aunque no sea la lesión más frecuente, es una de las lesiones que más preocupa a los futbolistas por ser una lesión quirúrgica y por la duración de la rehabilitación, sin olvidar las amplias complicaciones que puede padecer la rodilla tanto antes de la cirugía como después.

Por esto, los jugadores intervenidos del LCA tardan en competir en partido oficial una media de 10 meses. Se puede decir, que esta lesión de rodilla, es de las más severas, ya que además de las menciones anteriores, el 6% de los jugadores intervenidos vuelven a lesionarse en un periodo menor a 2 años desde la primera lesión (Ferrer, Balius, Domínguez, Linde, Turmo, 2013).

Anualmente se gasta cerca de un millardo de dólares en reconstrucciones del LCA (cálculo hecho sobre la base de 50.000 reconstrucciones a 17.000 dólares cada una). Noyes, mediante evaluación artroscópica de pacientes con hemartrosis traumática aguda de la rodilla, demostró una incidencia del 60-70% de lesiones del LCA. Además, la mitad de dichas lesiones se asocian a lesiones meniscales. En un meta análisis reciente se halló que las mujeres tienen una incidencia tres veces mayor que los hombres de desgarros del LCA en fútbol y baloncesto; los esquiadores alpinos expertos tienen la tasa más baja de lesión (Márquez y Márquez, 2009).



Ilustración 4. Mecanismo de lesión del LCA.

<http://clinicabernaldez.com/rotura-del-ligamento-cruzado-anterior-ligamentoplastia/>

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) se producen comúnmente durante la práctica de actividades deportivas. La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla es de una importancia epidemiológica de primer orden, ya que se ha estimado que anualmente una de cada 3,000 personas sufre una rotura del LCA en los Estados Unidos, cuyos buenos resultados oscilan entre 75% y más de 90%(Ayala-Mejías, García-Estrada, Alcocer Pérez-España, 2014). Cada año ocurren en ese país por lo menos 100.000 casos de lesiones del LCA en deportistas jóvenes (típicamente entre los 15-25 años de edad pero con mayor riesgo entre los 10 y 19), las cuales originan problemas importantes tanto físicos como psicológicos y económicos. El fútbol, el béisbol, el baloncesto y esquiar originan el 78% de las lesiones del LCA en deportistas. Mediante evaluación artroscópica de pacientes con hemartrosis traumática aguda de la rodilla, Noyes demostró una incidencia del 60-70% de lesiones del LCA. Además, la mitad de dichas lesiones se asocian a lesiones meniscales. En un meta análisis reciente se halló que las mujeres tienen una incidencia tres veces mayor que los hombres de desgarros del LCA en fútbol y baloncesto (Márquez y Márquez, 2009).

Jacobsin y Tegner en 2006, también analizaros la edad en los que los jugadores de fútbol sufrían una lesión del ligamento cruzado anterior y concluyeron que la edad media para sostener una lesión del ligamento cruzado

anterior en fútbol femenino es de 19 años en comparación con 23 años entre los jugadores masculinos.

Alrededor del 70% de las rupturas del LCA son el resultado de lesiones sin contacto de la rodilla, es decir, suceden realizando actividades como detenerse en forma súbita, hacer giros, hacer pivote en una pierna o aterrizar después de un salto. El otro 30% es el resultado de un contacto de la rodilla con otro jugador o con otro objeto (Alanís, Zamora, Cruz, 2012).

La cirugía para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) ha sido durante varios años una de las 10 cirugías más frecuentes en los Estados Unidos, ocupando el 6º lugar en frecuencia entre los años 1999 y el 2000. En el transcurso de los últimos 30 años la ruptura del LCA en mujeres se ha incrementado (Alanís et al., 2012).

Entre 1982 y 1991 Se realizó un estudio retrospectivo de todas las lesiones del ligamento cruzado anterior (972) verificadas por evaluación artroscópica en los hospitales de la región de Hordaland de Noruega. El estudio final incluyó a 176 pacientes que habían participado en el fútbol organizado y respondieron a un cuestionario. La tasa de incidencia global fue de 0,063 lesiones por 1000 horas de juego. Los hombres incurrieron en el 75,6% (133) de las lesiones. Las mujeres tenían una tasa de incidencia de 0,10 lesiones por 1000 horas de juego, significativamente mayor que la de los hombres (0,057). La tasa de incidencia fue mayor (0,41) para los hombres de las tres primeras divisiones. La mayoría de las lesiones (124) ocurrieron durante los juegos. Las lesiones de contacto por abordaje fueron el mecanismo de lesión en el 46,0% de los casos. Los jugadores del equipo ofensivo incurrieron en 122 (69.3%) de las lesiones. La cirugía reconstructiva se realizó en 131 (74,4%) de los jugadores lesionados y se consideró necesaria para el retorno a un nivel alto de juego. La mitad de los jugadores (87) volvieron al fútbol; Los hombres con altos niveles de juego tuvieron la tasa de retorno más alta (88,9%) y los hombres mayores de 34 años tuvieron la tasa de retorno más baja (22,9%). Casi un tercio de los atletas lesionados abandonó el fútbol debido a la mala función de la rodilla o el temor a una nueva lesión (Bjordal, Arnoy, Hannestad, y Strand, 1997).

En general, el deportista profesional tiene más posibilidades de sufrir esta lesión que el deportista aficionado, aun con la excepción concreta del esquí alpino, donde el esquiador eventual tenía mayores índices de lesión (Prodromos C.C., Han Y., Rogowski J., Joyce B., Shi K. 2007). También está demostrado que la intensidad de juego es un factor agravante: el riesgo de sufrir la lesión es de 3 a 5 veces mayor durante la competición, comparado con las sesiones de entrenamiento (Cimino, Volk, Setter, 2010).

Si hablamos en concreto de adolescentes, veremos que el riesgo de lesión es relativamente bajo, aunque la participación de éstos en deportes de equipo aumenta la incidencia. También se concluye que, igual que en los adultos, hay mayor riesgo en el sexo femenino (Parkkari, Pasanen, Mattila, Kannus, Rimpelä, 2008).

Por otra parte, la lesión de LCA, predispone a lesiones posteriores y a un principio de osteoartritis (inicio temprano en individuos jóvenes). Sobre un 50% de los pacientes que han sufrido esta lesión tienen osteoartritis con dolor asociado y deterioro funcional unos 10 o 20 años después de la lesión. La reconstrucción del LCA no parece prevenir la osteoartritis, (Lohmander, Englund, Dahl, Roos, 2007) aunque puede disminuir el riesgo de futuras lesiones de menisco o cartílago (Dan, 2004).

FACTORES DE LESIONABILIDAD (DIFERENCIAS EN SEXOS)

La participación de las mujeres en todas las disciplinas deportivas se ha incrementado en los últimos años, tanto en forma profesional como amateur y desde edades más tempranas a nivel escolar (Alanís et al., 2012).

El fútbol femenino no se ha quedado atrás en comparación a otras disciplinas y es un deporte en constante crecimiento, pues en los últimos 10 años el número de licencias se ha incrementado un 250% en Suiza, un 210% en Estados Unidos y un 160% en Alemania. La FIFA estima en torno a 40 millones de practicantes de sexo femenino. En España existen alrededor de 18.000 chas federativas, y se prevé alcanzar las 50.000 en los próximos dos años (Yanguas, Tal y Cortés de Olano, 2011).

La práctica deportiva en general se ha vuelto cada vez más veloz y agresiva, al mismo tiempo que han aumentado la incidencia y complejidad de estas lesiones. Los deportes con mayor incidencia de lesiones de LCA en mujeres son fútbol, básquetbol, voleibol, balonmano, rugby y atletismo (Alanís et al., 2012).

Según los estudios realizados por Yaguas y sus colaboradores han puesto de manifiesto el mayor riesgo de lesiones de rodilla en mujeres futbolistas y especialmente del ligamento cruzado anterior (LCA), siendo este último de 2 a 4 veces superior en el sexo femenino.

Por otro lado, Alanís y sus colaboradores han estimado que el riesgo de lesión en mujeres es de entre 4 y 6 veces más probable que en hombres. Además, las mujeres atletas tienen una mayor incidencia de lesiones de LCA sin contacto. Se cree que esta diferencia es de origen multifactorial.

El LCA está constituido por dos fascículos: el anteromedial y el postero-lateral. El primero de ellos aporta estabilidad anteroposterior a la rodilla, y el segundo evita la inestabilidad rotatoria. Las roturas del LCA condicionan un tiempo de baja deportiva prolongado: alrededor de 6-9 meses, independientemente de la técnica quirúrgica utilizada. Dos consecuencias a

tener en cuenta tras una lesión de este tipo son, por un lado, el riesgo aumentado de padecer una nueva lesión, y por otro, la aparición a largo plazo de procesos degenerativos de tipo artrósico en la rodilla lesionada (Yanguas et al., 2011).

Sabemos que el ligamento cruzado anterior (LCA) juega un papel trascendental en la estabilización de la articulación y que es en este análisis dinámico donde se describen los momentos lesivos de rodilla (Feria, De Hoyo, Fernández, Romero, Mateo, Sañudo, 2014).

Se ha avanzado mucho en el conocimiento de los factores de riesgo para las lesiones del LCA pero ninguno de ellos se ha asociado con certeza a las mismas, ni se ha podido definir claramente el mecanismo de producción. Sin embargo, está claro que la mayoría de estas lesiones ocurren en situaciones de no contacto (Márquez y Márquez, 2009).

Un factor que parece estar asociado con un mayor riesgo de lesión del LCA, especialmente en situaciones de no contacto, es la variación en la anatomía del surco inter-condíleo del fémur distal. Varios autores reportaron independientemente que el surco inter-condíleo, medido tanto en radiografías simples como en tomografías, es más estrecho en pacientes con rupturas agudas del LCA y la diferencia fue estadísticamente significativa. Se usó el método de medir la proporción entre la amplitud del surco y la del fémur distal completo; si resulta menor de 0,2 se concluye que el surco es estrecho y que hay riesgo de lesión del LCA (Márquez y Márquez, 2009).

Este tipo de lesiones suelen empezar con una aplicación de carga en valgo, sobre un único apoyo con poca flexión de la rodilla, que, sumada a la fuerza anterior generada por la contracción del cuádriceps, produce una traslación anterior de la tibia acompañada de una rotación interna, causando la rotura del LCA (Ferrer et al., 2013).

La causa de la lesión de LCA es de naturaleza multifactorial, con una compleja interacción entre factores de riesgo internos (anatómicos, sexo, edad, déficit de fuerza entre extremidades) y factores externos, como las condiciones

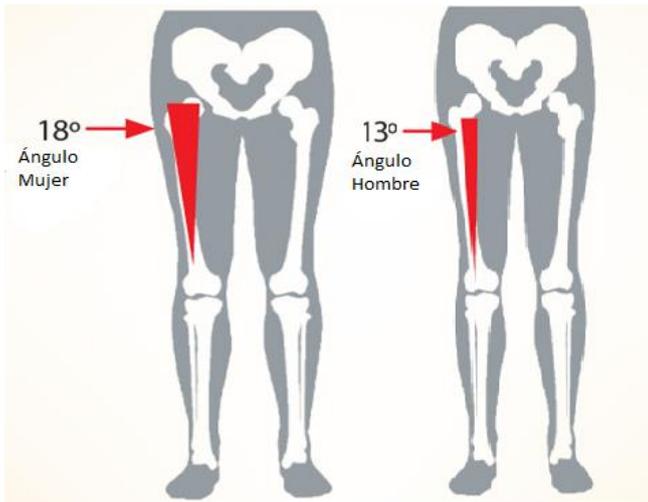


Ilustración 5. Angulo Q.

<https://clinicarecovery.wordpress.com/2015/02/23/prevencion-de-lesiones-de-rodilla-en-mujeres/>

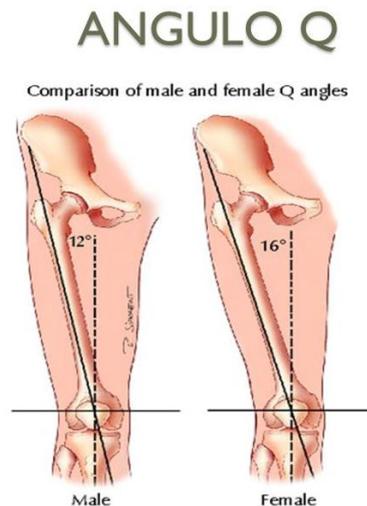


Ilustración 6. Angulo Q.

<https://clinicarecovery.wordpress.com/2015/02/23/prevencion-de-lesiones-de-rodilla-en-mujeres/>

de la superficie de juego, o el material. Entre los factores intrínsecos relacionados con aspectos biomecánicos destacan en la literatura la sollicitación ligamentosa y la dominancia de la extremidad inferior (Ferrer et al., 2013).

Por un lado, la sollicitación ligamentosa (valgo o abducción de la rodilla) se llama al concepto donde la musculatura de la extremidad inferior no absorbe adecuadamente las fuerzas de reacción del suelo durante gestos deportivos, produciendo una excesiva carga en los ligamentos de la rodilla, especialmente en el LCA. La sollicitación ligamentosa suele producir grandes momentos de valgo de la rodilla y un excesivo ángulo de valgo en la rodilla. Varios autores relacionan el valgo funcional de la rodilla durante acciones explosivo- balística con la ausencia o déficit de control neuromuscular en la extremidad inferior (Ferrer et al., 2013).

El déficit entre extremidades es considerado como una falta de balance de la fuerza aplicada entre ambas extremidades, donde una de las dos tiene más control dinámico. Junto a otros factores de riesgo es responsable de sobrecargas mecánicas y de mecanismos compensatorios que afectan a la técnica del movimiento y a la postura. En general se supone que en las acciones bilaterales, como un salto vertical con doble apoyo, las extremidades actúan de forma simétrica. Por lo general, una falta de balance inferior al 15%

en la fuerza aplicada en pruebas funcionales de salto ha sido considerada como criterio suficiente para determinar el regreso a la competición (Ferrer et al., 2013).

Los cuádriceps y los isquiotibiales son funcionalmente importantes para controlar la estabilidad de la articular de la rodilla. Los estudios sobre los mecanismos de lesión del LCA han sugerido que el músculo isquiotibial tiene un papel crucial en la protección de la LCA durante los movimientos de tibia en relación con el fémur (Gehring et al., 2009). Nyland (1999) demostró que la fatiga del músculo isquiotibial produce déficits dinámicos transversales en el control de la rodilla (Kalema, 2012).

La fatiga es un factor importante que puede influir en el control estabilizador y por lo tanto causar lesiones del LCA. La fatiga neuromuscular puede desempeñar un papel importante ya que se observó una incidencia significativamente mayor de lesiones del LCA en jugadores de fútbol profesional entre los minutos 75 y 90 del juego (Hawkins et al., 1999). Además, se demostró que la fatiga muscular periférica reducía la actividad del estiramiento (Kalema, 2012).

Las tres causas anteriores (solicitud ligamentosa y el déficit entre extremidades) son tres causas generales que no hace distinción entre género, que tenemos que tenerlo muy en cuenta, pero que en este caso buscamos causas más acordes con el que podemos estudiar el porqué de la diferencia de riesgo de lesión entre mujeres y hombres.

Varios estudios reflejan que el género femenino genera una mayor carga en abducción durante el aterrizaje de saltos respecto a los hombres (Hewett, 2006), siendo factor de riesgo importante en las lesiones del LCA. Por su parte, Chapell et al. (2007) también reflejaron un aumento en la extensión de rodilla de las mujeres durante el aterrizaje. Parece estar claro que tanto el tiempo de duración que el sujeto soporta las fuerzas de aterrizaje (tiempo de estabilización) como el ángulo de extensión con el que se inicia el contacto con el suelo son factores a tener en cuenta en las lesiones de rodilla (Feria et al., 2014).

Factores de riesgo de lesión de LCA	Autores y año	Propuesta de prevención/comentarios
Factores de riesgo intrínsecos modificables		
Fatiga muscular	Alentorn-Geli et al. (2009).	Mejorar la forma física específica del fútbol a través del entrenamiento
Dominancia de ligamentos	Bahr y Krosshaug (2005)	Trabajo de cadena muscular posterior y de técnica
Dominancia de cuádriceps	Bahr y Krosshaug (2005)	Trabajo de cadena muscular posterior.
Dominancia del tronco	Bahr y Krosshaug (2005)	Entrenamiento de estabilidad del core
Dominancia de una pierna	Bahr y Krosshaug (2005), Hewett et al. (2005)	Entrenar la simetría
Factores de riesgo intrínsecos no modificables		
Propiedades del LCA y laxitud de la articulación de la rodilla	Uhorchak et al. (2003), Myer et al. (2008), Bahr y Engebretsen (2009)	Localizar a los jugadores hiperlaxos y añadirlos al grupo de riesgo
Género	Hewett et al. (2006), Sutton y Bullock (2013)	Tener en cuenta a las jugadoras como que tienen mayor riesgo de lesión. Establecer medidas preventivas de lesión de LCA especialmente en mujeres
Ángulo Q	Shambaugh et al. (1991), Alentorn-Geli et al. (2009)	Si es posible, medir el ángulo Q de los jugadores y establecer grupos con ángulo Q grande que tendrán un factor de riesgo añadido
Pronación del pie	(Alentorn-Geli et al., 2009)	Estudiar la pisada de los jugadores y los que tengan una pronación excesiva del pie ponerlos en el grupo de riesgo
Hormonas	Hewett et al. (2007)	En las mujeres, enseñarles que podrían tener más riesgo de lesión en la fase pre ovulatoria del ciclo menstrual y que sería bueno que hiciesen un trabajo autónomo preventivo en esos días
Lesión previa	Murphy (2003), Bahr y Engebretsen (2009)	Localizar los jugadores con lesión previa y ponerles trabajo preventivo
Tamaño escotadura intercondilea	Alentorn-Geli et al. (2009), Zeng et al. (2013)	-
Factores de riesgo extrínsecos modificables		
-	-	-
Factores de riesgo extrínsecos no modificables		
Tipo de terreno de juego	Amason et al. (1996b), Ekstrand et al. (2006), Alentorn-Geli et al. (2009), Bahr y Engebretsen (2009)	Los equipos que suelen entrenar y jugar en terrenos duros deberían hacer más trabajo preventivo
Competición vs entrenamiento	Waldén et al. (2011)	Los jugadores con más riesgo de lesión, tenerlos en cuenta en partidos de alta intensidad y darles más descanso o hacerles más trabajo preventivo previo

Tabla 1. Resumen de los factores de riesgo y propuesta de prevención. (Méndez, 2014).

En el estudio realizado por Feria A. et al., fueron observadas las diferencias en las estrategias tomadas por hombres y mujeres ante aterrizajes de saltos. Se ha obtenido datos significativos que anuncian un mayor riesgo para mujeres que hombres en función de la flexión de rodilla y el tiempo de estabilización de la articulación. Además, en los últimos intentos de saltos, se ha visto un incremento en el tiempo de estabilización en hombres. Estas modificaciones pueden ser debido a la fatiga muscular (Feria et al., 2014). por lo que, se puede deducir que las mujeres en fatiga, tienden a estar más desestabilizadas que los hombres.

Alanís y sus colaboradores han catalogado los factores de riesgo que se han estudiado para sufrir una ruptura del LCA se en: ambientales, anatómicos, hormonales y biomecánicos.

Factores ambientales: De los factores de riesgo ambientales, la interacción entre la suela del calzado y la propia superficie de juego son determinantes en su asociación con la aparición de lesiones de ligamento cruzado anterior. El aumento de la superficie de tracción de los zapatos y la forma de la suela, condicionan todos los movimientos que el deportista realiza, entre ellos, giros, pivotes, cambios bruscos de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, que de no favorecer una interacción fluido con la superficie de juego, pueden llegar a aumentar la susceptibilidad del atleta para sufrir lesiones de rodilla.

La interacción entre estas dos superficies, superficie de calzado y superficie de juego, pueden modificar el componente de fricción necesario para generar salidas rápidas, piques, paradas y cortes de dirección propios de deportes como el fútbol y el baloncesto. La alteración del componente de fricción ha demostrado ser un predictor importante del aumento en la incidencia de lesión de rodilla (Ocampo y Granada, 2011).

Por estas razones, los factores ambientales no deben ser vistos como simples elementos externos sin relación alguna con el funcionamiento intrínseco de los 34 elementos óseos y neuromusculares sino como aquellos que median la respuesta de las estructuras biológicas. Por tanto, su análisis es

imprescindible en cualquier sistema de intervención que pretenda disminuir los índices de lesión en la población deportiva rodilla (Ocampo y Granada, 2011).

Factores anatómicos: Las diferencias anatómicas entre hombres y mujeres pudieran ser un factor que contribuya a un incremento en el riesgo de lesión del LCA.

- Shelbourne y colaboradores estudiaron el ancho de la escotadura intercondílea en mujeres, encontrando menores dimensiones que en hombres. Sin embargo, su estudio no demostró diferencias de género en el riesgo de ruptura de LCA (*Figura 1*).
- Muneta y colaboradores encontraron que el área transversal del LCA es significativamente mayor en hombres, lo que sugiere que un menor diámetro del LCA en mujeres puede ser un factor de riesgo para ruptura.
- En un grupo de mujeres deportistas con ruptura del LCA, Loudon y colaboradores realizaron las siguientes mediciones posturales: posición de caderas y pelvis en bipedestación, posición sagital y frontal de la rodilla, longitud de los isquiotibiales angulación de la articulación subastragalina e inclinación escafoides, identificándose diferencias significativas con mujeres sanas; sin embargo, no queda claro si estas diferencias son factores de riesgo o consecuencia de la ruptura del LCA.
- El ángulo Q, cuyo valor normal es de 8 a 17°, es consistentemente mayor en las mujeres. Este aumento se atribuye a que, en promedio, la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto. Al existir un ángulo Q elevado aumenta el estrés medial sobre los ligamentos de la rodilla. La población de atletas con lesión del LCA tiene un ángulo Q aumentado en relación con los atletas no lesionados.
- El ángulo formado entre el tendón rotuliano y la diáfisis de la tibia afecta directamente la fuerza cizallante aplicada en la tibia por el tendón de los cuádriceps. Nunley encontró diferencias significativas en el ángulo entre el tendón rotuliano y la diáfisis de la tibia en un grupo de mujeres y hombres

que practicaban deporte a nivel colegial, identificándolo como factor de riesgo para lesiones de LCA.

Factores hormonales: La evidencia de los efectos de las hormonas sexuales en el tejido conectivo es limitada y los resultados de algunos estudios son inconsistentes. Liu identificó que la síntesis de colágeno se reduce en un 40% bajo la presencia de niveles fisiológicos de estrógenos y más del 50% bajo niveles farmacológicos.

El estudio realizado en el año 1997 por Liu, Al-Shaikh, Panossian y Finerman y Lane, fue el primer estudio conocido para examinar los efectos de una hormona sexual femenina sobre el metabolismo de los fibroblastos en LCA. Los resultados demuestran claramente que los niveles de estradiol, como se encuentra en el ciclo menstrual humano, tienen un efecto dependiente de la dosis significativo sobre los fibroblastos del LCA. Tanto la proliferación de fibroblastos y la tasa de colágeno se reducen significativamente con el aumento de estradiol. Por lo tanto, concentraciones séricas de estrógenos, como aquellos que ocurren durante el ciclo menstrual o de los exógenos estrógeno presente en los anticonceptivos orales, puede desarrollar cambios en el metabolismo de los fibroblastos de ACL. Los cambios estructurales y de composición podrían reducir la fuerza del LCA, y predisponen a las atletas a la lesión del ligamento.

Yu y colaboradores concluyeron que en las mujeres atletas, el ciclo menstrual produce cambios tempranos en la proliferación y síntesis de fibroblastos y procolágena tipo I en el LCA, lo que puede predisponer a las mujeres atletas a sufrir lesiones.

Algunos estudios han mostrado que las hormonas sexuales pueden afectar las propiedades mecánicas del LCA. Se ha observado que la incidencia de lesiones se ve afectada por las diferentes fases del ciclo menstrual y bajo efectos de anticonceptivos orales.

Factores biomecánicos:

- McLean realizó estudios de control neuromuscular por medio de electromiografía, valorando la actividad muscular durante la actividad deportiva, demostrando que en las mujeres el músculo cuádriceps presenta mayor activación muscular durante los esfuerzos en flexión de la rodilla, mientras que los isquiotibiales tienden a relajarse. Esta diferencia en la activación muscular provoca un deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur, causando mayor estrés al LCA.
- Al provocar fatiga muscular y realizar el ejercicio de correr y detenerse en forma rápida se ha demostrado también que existe un retraso en la activación de los cuádriceps y de los isquiotibiales, provocando mayores momentos de flexión y valgo en las rodillas, incrementando el estrés del LCA.

El entrenamiento neuromuscular es un método que desarrolla la capacidad del atleta de procesar y utilizar la información sensorial para coordinar y controlar la fuerza muscular con el fin de dar mayor estabilidad a las articulaciones. Inicialmente, el entrenamiento debe enfocarse en las señales de información propioceptiva para mantener el equilibrio corporal y posteriormente incorporar la coordinación. Como etapa final en el entrenamiento dinámico se incluyen actividades repetidas de balance corporal alternando saltos y giros en la carrera. Por ejemplo, en la prueba de cucullas con una sola pierna se puede corregir la basculación de la pelvis disminuyendo el estrés en valgo de las rodillas (Alanis et al., 2012).

REHABILITACIÓN DE LA ROTURA DEL LCA

La decisión sobre el tratamiento, quirúrgico o conservador, dependerá de diferentes variables. Son fundamentales el grado de inestabilidad y limitación funcional de la rodilla, contrastados con los objetivos futuros en actividad física. También son importantes, la presencia de lesiones asociadas, la edad, y las circunstancias sociales, familiares y económicas del paciente (Ramos Álvarez, López-Silvarrey, Segovia Martínez, Martínez Melen y Legido Arce, 2008).

La reconstrucción quirúrgica está especialmente indicada en aquellos deportistas que pretendan reiniciar sus actividades deportivas, a un nivel de rendimiento igual o mayor previo a la lesión. La tasa de éxito a largo plazo tras la reconstrucción es del 75-95%; mientras que la tasa de fracaso es del 8% la cual puede ser debida a inestabilidad residual, fallo del injerto o artrofibrosis (Jáuregui, 2015).

Como indica Jáuregui en el año 2015 se recomienda las siguientes indicaciones de tratamiento quirúrgico:

- 1) Atleta activo que desea continuar en un alto nivel competitivo.
- 2) Pacientes que presentan lesión de menisco reparable acompañada de lesión de LCA.
- 3) Lesión completa con otro ligamento lesionado.
- 4) Pacientes que experimenten gran inestabilidad en actividades de la vida cotidiana.

Por otro lado Bergé en el año 2014, explica que el tratamiento conservador, no quirúrgico, se considera una opción cuando:

- El paciente es biomecánicamente funcional en su día a día, sin que la lesión suponga realizar adaptaciones para las actividades de la vida diaria.

- El rango de movilidad de la extensión de rodilla debe ser lo más cercano a la normalidad y no existir lesión meniscal asociada o que ésta sea mínima (validado mediante RM).
- El cuádriceps debe conservar un buen balance muscular y debe ser posible realizar la batería de pruebas funcionales de la con un resultado mayor al 85%.

Paralelamente a la decisión sobre el tratamiento, conservador o quirúrgico de la lesión, debe seleccionarse el programa de rehabilitación. Este debe planificarse de forma individualizada en función de los siguientes factores: tipo de tratamiento (conservador o quirúrgico), técnica quirúrgica utilizada, objetivos después del tratamiento y posibilidades o recursos de rehabilitación (Ramos Álvarez, et al., 2008).

En cualquier caso las estrategias y el objetivo común de la rehabilitación pre y/o post quirúrgicas es buscar el mejor nivel funcional para el paciente evitando el riesgo de una nueva lesión. Ambos se consiguen eliminando la inestabilidad, restaurando la movilidad, recuperando la fuerza y alcanzando e incluso mejorando las capacidades físicas previas a la lesión (Ramos Álvarez, et al., 2008).

Al igual que han progresado los procedimientos quirúrgicos (técnica, injertos, etc.) La rehabilitación también está evolucionando continuamente. La consecuencia directa es una más rápida y mejor recuperación del deportista (Ramos Álvarez, et al., 2008).

Los programas de rehabilitación actuales tras la reconstrucción del LCA son más agresivos que los que se utilizaban en la década de los 80.

(Wilk, Macrina, Cain, Dugas, Andrews, 2012). Estos protocolos tienen como objetivo superar las complicaciones tras la reconstrucción del LCA en un menor intervalo de tiempo, manteniendo la estabilidad de la rodilla y restableciendo su funcionalidad (Shelbourne y Nitz, 1990). Enfatizan en la ganancia de rango articular mediante una temprana movilización, tanto pasiva como activa, extensión completa pasiva de rodilla, carga parcial inmediata del peso corporal y recuperación funcional (Wilk et al., 2012) (Shelbourne y Nitz, 1990). De este

modo, Shelbourne y Nitz revolucionan la rehabilitación proponiendo un protocolo de recuperación de 8 semanas en los que los deportistas podrían comenzar a realizar actividades deportivas.

Las diferencias principales entre los dos programas son la tasa de progresión a través de las diversas fases de rehabilitación y el tiempo de recuperación necesario antes de correr y completo retorno a las actividades atléticas (Jáuregui, 2015).

Estos programas de rehabilitación ponen énfasis en restablecer lo antes posible la extensión pasiva completa de la rodilla, iniciar la carga parcial inmediata (WB), introducir ejercicios funcionales logrando un fortalecimiento muscular progresivo y una mejora de la propiocepción y la estabilidad dinámica (Beynnon, Johnson, Naud, Fleming, Abate, Brattbakk, et al., 2011) (Wilk et al., 2012).

En cualquier caso, el proceso de rehabilitación debe adaptarse a la evolución del paciente. Se establecen unos criterios de evaluación al final de cada fase para poder realizar una progresión adecuada (Wilk et al., 2012).

Fase pre-operatoria

Inicio inmediato antes de la cirugía. Los objetivos principales de esta fase son reducir la hinchazón y el dolor, restaurar el ROM normal, normalizar la marcha y prevenir la atrofia muscular (Wilk et al., 2012).

La finalidad es devolver la rodilla al estado previo a la lesión y obtener la homeostasis del tejido. La restauración de la movilidad total reduce el riesgo postoperatorio de artrofibrosis. Se incluye la educación del paciente, se le informa y prepara para la rehabilitación postoperatoria (Bergé, 2014).

Fases post-operatorias

Con el fin de asegurar resultados satisfactorios, se deben tener en cuenta una serie de principios claves que tomaremos como referencia a la hora de fijar los objetivos de cada fase (Bergé, 2014).

- Reducir la inflamación postoperatoria:

Es imperativo controlar el dolor postoperatorio y la hinchazón durante la primera semana de rehabilitación. El dolor puede desempeñar un papel en la inhibición de la actividad muscular comúnmente observado tras la reconstrucción del LCA (Feil, Newell, Minogue, Paessler, 2011) (Wilk et al., 2012).

El dolor después de la cirugía se puede reducir mediante el uso de la crioterapia, la estimulación eléctrica y las movilizaciones pasivas. Para la hinchazón también se incluye crioterapia, estimulación de alto voltaje y compresión de la articulación (vendaje) (Feil et al., 2011) (Mangine, Minning, Eifert-mangine, Gibson, Colosimo, 2006) (Wilk et al., 2012).

La movilización articular favorecerá el efecto de la bomba muscular, beneficioso para controlar el edema. Inicialmente, se realizan movimientos de flexión plantar/dorsal del tobillo (sin apoyo). Una vez se inicie la carga parcial también se favorecerá el drenaje articular (Feil et al., 2011) (Manske, Prohaska, 2006) (Wilk et al., 2012).

- Extensión pasiva completa de la rodilla

La complicación más común y la causa de los peores resultados tras la reconstrucción del LCA es la pérdida de movimiento, en particular la pérdida de la extensión completa de la rodilla. Por lo tanto, será uno de los objetivos inmediatos. Ejercicios específicos incluyen movilizaciones pasivas y estiramientos de larga duración (carga baja) de los isquiotibiales (Feil et al., 2011) (Wilk et al., 2012).

- Restaurar la movilidad de la rótula

La pérdida de movilidad rotuliana, referida como síndrome de contractura infra-rotuliana, conlleva complicaciones en el ROM y dificultad para la activación de los cuádriceps (Wilk et al., 2012). Deberán iniciarse las movilizaciones en cuanto el paciente las tolere (a los 3 días del postoperatorio). Se realizan mediante deslizamientos e inclinaciones hacia

medial/lateral y craneal/caudal (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012).

- Restablecer la deambulaci3n

La progresi3n de la carga se efectúa teniendo en cuenta la tolerancia de cada individuo, iniciando la deambulaci3n con 2 muletas y aumentando la carga paulatinamente. A las 4 semanas se pretende conseguir la marcha sin ayudas t3cnicas (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013).

- Mejorar el ROM articular pasivo y activo

Para lograr la flexi3n, el ROM tambi3n se progresa gradualmente durante las primeras semanas. La tasa de progresi3n se basa en una respuesta 3nica del paciente a la cirugía (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013). Si existe un derrame importante, se avanza a un ritmo m3s lento (Wilk et al., 2012).

La movilizaciones m3s inmediatas son pasivas, realizadas por el fisioterapeuta o auto-asistidas por el propio paciente. Tambi3n se realizan posiciones osteo-articulares mantenidas. A las 2 semanas, se pretende haber alcanzado de 0° a 90° de ROM (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013).

La prioridad inicial es la obtenci3n de la extensi3n completa. En el transcurso de los siguientes meses, el ROM puede avanzar aproximadamente 10° a la semana, lo que permitiría una flexi3n normalizada a las 4 - 6 semanas despu3s de la cirugía (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012).

- Restablecer el control voluntario de la musculatura

La inhibici3n de los cuádriceps es com3n despu3s de la reconstrucci3n del LCA, especialmente cuando hay dolor y derrame durante las fases agudas de la rehabilitaci3n. La electro-estimulaci3n neuromuscular (EENM) y el

biofeedback se incorporan para mejorar la eficacia de los ejercicios terapéuticos, facilitando la contracción activa de la musculatura de los cuádriceps (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Ediz, Ceylan, Turktas, Yanmis, Hiz, 2012) (Hasegawa, Kobayashi, Arai, Tamaki, Nakamura, 2011).

Clínicamente, se utiliza estimulación eléctrica inmediatamente después de la cirugía, mientras se realizan ejercicios con contracción voluntaria tales como series de isométricos de cuádriceps, elevaciones de la extremidad manteniendo la pierna estirada (EEPE), también en diferentes angulaciones (con aducción y abducción de la cadera) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Manske, Prohaska, 2006) (Fukuda et al., 2013) (Ediz, Ceylan, Turktas, Yanmis, Hiz, 2012) y extensiones de rodilla (al inicio entre los 90° y los 40° de flexión) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Manske, Prohaska, 2006).

- Restablecer el control neuromuscular

Los estudios demuestran la eficacia de incorporar este tipo de entrenamiento en los programas de rehabilitación para conseguir reducir la inestabilidad articular (Bergé, 2014).

Se ha demostrado que el control neuromuscular disminuye la fatiga muscular en el caso de que se produzca. Por lo tanto, se recomienda la realización de este tipo de ejercicios al final de la sesión de rehabilitación, después del entrenamiento cardiovascular, para desafiar el control articular cuando los estabilizadores dinámicos (músculos) están fatigados (Wilk et al., 2012).

- Propiocepción

A partir de la segunda-tercera semana de rehabilitación, debe iniciarse el entrenamiento propioceptivo básico, procedimiento posterior a la normalización adecuada del dolor, la hinchazón y el control de los cuádriceps. Este entrenamiento comienza con ejercicios básicos como reposicionamiento de la articulación (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012).

Los ejercicios de equilibrio (con inestabilidad) progresan mediante la incorporación de movimientos aleatorios de las extremidades superiores o de la extremidad inferior no afectada para alterar la posición del centro de gravedad. Con el tiempo, pueden combinarse movimientos. Material adicional (balones, pesas) pueden ser de ayuda para proporcionar un desafío al sistema de control neuromuscular. Como último elemento de progresión, el fisioterapeuta realizaría la desestabilización, movilizándolo directamente al paciente o a la superficie de apoyo, de modo que el paciente tiene que lograr el control articular respondiendo al estímulo inesperado (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013).

- Trabajo con carga adicional

Los ejercicios con carga adicional (con máquinas de musculación, pesas, balones) han demostrado ser efectivos para la rehabilitación y la vuelta al deporte después de la cirugía. Su realización favorece tener menos dolor, más estabilidad y, en general, una mayor satisfacción del paciente, y un retorno más rápido al deporte (Wilk et al., 2012).

- Pliometría

Las actividades pliométricas se inician habitualmente a las 12-16 semanas (Wilk et al., 2012). Para realizar los ejercicios de salto es importante instruir al paciente sobre la mecánica de salto y aterrizaje adecuado, así como el control y la disipación de fuerzas. Se pretende continuar con los objetivos anteriores, favorecer la producción de fuerzas a través de las propiedades de estiramiento-acortamiento del músculo y corregir los movimientos de inestabilidad articular (Feil et al., 2011) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013).

Los ejercicios pliométricos progresan realizando desplazamientos (saltando en el sitio, hacia los laterales, en diagonal y rotacional), de bipodal a unipodal, combinando el salto con otros ejercicios (sentadillas o skip lunging). Se utilizan cajones de diversas alturas (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013).

- Progreso en la rehabilitación para un deporte específico

Para el regreso del atleta a la actividad deportiva es necesaria una fase con ejercicios de transición. El programa de jogging deberá ser progresivo, aumentando la carga y el tiempo según la tolerancia de cada paciente. Tanto la marcha como la carrera se inician primero en el medio acuático. Más adelante se permite la carrera continua en tapis rodante, seguido de terreno estable. Los cambios de ritmo y dirección se darán en las últimas etapas (Feil et al., 2011) (Mangine et al., 2006) (Wilk et al., 2012) (Fukuda et al., 2013).

Las actividades pliométricas se inician cuando el paciente puede realizar la carrera continua, posteriormente se introducen los ejercicios de agilidad específicos de cada deporte (Wilk et al., 2012).

La fase final, pretende la restauración de la función a través del entrenamiento específico para el deporte de competición al que debe regresar cada atleta (Feil et al., 2011). Muchos de los ejercicios detallados previamente, tales como ejercicios con conos, embestidas con cintas/bandas deportivas, ejercicios pliométricos y la progresión hacia la carrera y la agilidad, se pueden modificar adaptándolos a los patrones de movimiento funcionales específicos asociados a un deporte exclusivo (Mangine et al., 2006).

Durante esta etapa es necesario el trabajo coordinado con los profesionales de la actividad física, cada deporte, especialidad, posición en el campo, categoría, etc. requiere un abordaje específico; por ello el trabajo en equipo multidisciplinar generará grandes ventajas para el paciente (Bergé, 2014).

PROPUESTA DE UN PROTOCOLO PARA LA REHABILITACIÓN DEL LCA

A continuación se propondrá un protocolo de rehabilitación para la lesión de una rotura del ligamento cruzado anterior. En este caso, tenemos que tener en cuenta que todos los objetivos y fases de esta propuesta, se han descrito suponiendo que en la lesión únicamente este afectado el LCA. Sin embargo, en lesiones donde además del LCA haya lesiones meniscales u otras ligamentosas, el tiempo de recuperación y tipo de ejercicios se tendrán de modificar en función de la lesión que se haya sufrido.

Es fundamental en todos los protocolos, aunque en un principio haya uno que se utilice de modelo, que sigan principios de individualización, respetando y teniendo en cuenta la edad, tipo de tratamiento (conservador o quirúrgico), técnica quirúrgica utilizada, objetivo y recursos de rehabilitación. Además, un programa de recuperación individualizado y específico debe permitir al jugador recuperarse de su lesión con la mayor brevedad temporal posible.

En este tipo de rehabilitación, una vez realizada una profunda revisión bibliográfica, se ha tenido en cuenta tanto la rehabilitación acelerada como la rehabilitación no acelerada. En cuanto a la bibliografía, se pueden ver diferencias de opiniones sobre la elección del tipo de rehabilitación en una rotura de ligamento cruzado. Vemos, por un lado a autores que defienden la rehabilitación conservadora, donde el tiempo de recuperación oscila entre 6 y 9 meses y critican la rehabilitación acelerada, explicando que el riesgo de perder la estabilidad de la rodilla, teniendo mayor laxitud del ligamento, es mayor.

Por otro lado, vemos que otros autores, después de realizar diferentes estudios utilizando la rehabilitación acelerada, han llegado a la conclusión que aunque el tiempo de recuperación sea menor (entre 4 y 6 meses) la ganancia de fuerza, la estabilidad de rodilla, ROM...no se ven afectados, y en algunas de las fases, los objetivos se logran antes que en la rehabilitación no acelerada, gracias a los tipos de ejercicios que se realizan.

De esta manera, en vez de elegir un tipo de rehabilitación, se ha decidido tener presentes los dos, así, pudiendo elegir de cada protocolo lo más efectivo, pudiendo completar un tercer tipo de rehabilitación.

En este caso, la rehabilitación propuesta, se ha basado teóricamente en la bibliografía, e igualmente y de manera práctica en la experiencia tanto personal como jugadores y jugadores del equipo y del club.

Para acabar, es importante mencionar que este protocolo de rehabilitación se dedicará a recuperar a jugadores exclusivamente de fútbol, ya que durante las fases de rehabilitación y sobre todo en la fase final, la mayoría de los ejercicios irán específicamente ligados a acciones que se ejecuten en el fútbol. Esto no quiere decir, que un jugador que practique otro tipo de deporte no pueda utilizar este protocolo, pero sí debería realizar ejercicios, más específicos de su deporte. Sin embargo, personas que no practiquen diariamente ejercicio físico medio-alto o no hagan deporte creo que no es el tipo de rehabilitación más conveniente. Por lo que la rehabilitación ira dirigido en gran parte a atletas jóvenes.

Para esta rehabilitación, se utilizará la enfermería, un gimnasio con todo equipado, bicicleta estática, elíptica y una máquina de ingravidez, una piscina con una bici acuática y el terreno de juego. No hay que olvidar, que cuando disponemos de más de un terreno de juego, mantendremos siempre que nos sea posible, el mismo. Ya que se ha visto, que cambiar de un tipo de terreno a otro, y cambiar constantemente de calzado, conlleva arriesgarse a sufrir otras lesiones. Por otro lado, el equipo de intervención está dirigido por el médico, el fisioterapeuta y el readaptador.

Después de hacer una pequeña introducción de la rehabilitación, explicar a quién va dirigido y cuales han sido los recursos necesarios, en las próximas páginas se explicará el protocolo de seguimiento.

La rehabilitación está formada por 6 fases, y en cada una de ellas, se tratará de describir y explicar:

- Fecha de inicio y final de la fase
- Objetivos de la fase
- Cómo lograr esos objetivos
- Cómo evaluamos si los objetivos se han cumplido o no, y cuando pasaremos a la siguiente fase

FASE PRE-OPERATORIA

En esta primera fase el objetivo principal será que la rodilla llegue en un estado óptimo posible a la cirugía, para que después, el post-operatorio y la rehabilitación sea lo más regular y ameno posible.

Para que el primer objetivo se cumpla, son necesarios otros objetivos secundarios. Estos, se encargarán de disminuir la inflamación de la rodilla, evitar el dolor, mantener y/o aumentar el rango de movimiento de la rodilla y por último, y no por eso menos importante, mantener la fuerza muscular de la pierna afectada, sobre todo, de los cuádriceps.

En primer lugar, los primeros días de la lesión, es prioritario guardar reposo, mantener la pierna lesionada en alto y aplicarse frío en la zona afectada varias veces al día. Con esto conseguiremos, bajar la inflamación y controlar el dolor. Como remedio a esto también es habitual tomar antiinflamatorios.

Una vez que el dolor y la inflamación hayan disminuido considerablemente, daremos paso a la movilidad del rango articular para prevenir la pérdida del arco de movilidad y así evitar la artrofibrosis después de la operación.

Lo normal, cuando un sujeto se lesiona del ligamento cruzado anterior, es que la marcha no lo realice con normalidad, por lo que con la ganancia del rango de movilidad, un nuevo objetivo será normalizar la marcha.

Por otro lado, es fundamental comenzar cuanto antes (siempre y cuando el dolor y la inflamación y el arco de movilidad lo permitan) a trabajar la fuerza de los cuádriceps, ya que una repentina inmovilización e inflamación de la rodilla, hace que la musculatura del cuádriceps se atrofie.

Los ejercicios de hipertrofia se iniciarán en camilla, para después, siempre y cuando la rodilla evolucione de manera correcta, comenzar con ejercicios de más intensidad, como puede ser la bici, elíptica y ejercicios en máquinas o ejercicios de pie y ejercicios de mayor dificultad a nivel de carga, de coordinación o de estabilidad. Es importante mencionar que en los sencillos ejercicios de camilla se ha añadido la electroestimulación para que el efecto de hipertrofia se genere antes (ver ilustración 7). Cuando la electroestimulación nos contraiga el músculo, realizaremos la parte concéntrica del ejercicio, y aprovecharemos la parte excéntrica para cuando el aparato acabe la contracción. Así, en la próxima contracción estaremos preparados para repetir la fase concéntrica.



Ilustración 7. Equipo de electroestimulación.

De esta manera, trabajando todo lo citado anteriormente, daremos paso a la cirugía en un estado lo más parecido posible previo a la lesión. El tiempo que se trabaja en esta fase será de 3 a 4 semanas.

Algunos de los ejercicios que se trabajarán se pueden ver en los anexos en la tabla 8, tabla 9, tabla 10 o y tabla 11.

A continuación, en la siguiente tabla (ver tabla 2) podemos ver un ejemplo de una semana preoperatoria.

TIPO DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO	CONTROL VOLUMEN/CARGA		
		rep		
ROM Activo-asistido	elevar talón de la camilla y pisar mano en ISOMETRÍA DE Q.	rep	10	
		series	3	
	Talón elevado, apretar colchoneta mientras hace por pisar mi mano en ISOMETRÍA DE Q.	rep	10	
		series	3	
	Transiciones con deslizamiento de talón hasta tope anatómico de flex-ext rodilla.	rep	10	
		series	3	
Terapia Muscular Activa	ASLR VS goma elástica. Subir pierna recta mientras la rodilla está estirada en inestabilidad (pelvis arriba). Apoyo sana--> apoyo lesionada. Introducción de abd-add	rep	8	
		series	3	
	Q 90-90° hasta 20° flex. Goma elástica	rep	8	
		series	3	
	ISOM ISQUIO a diferentes angulaciones	rep	5	
		series	2	
	CO-CONTRACCIÓN cuádriceps-isquío o a 90-90° flex cadera y rodilla vs pared.	rep	5	
		series	3	
	Estabilidad Abdomino-Lumbo-Pélvica (CORE)	Elevación de tronco (hasta despegar escápulas) con 1 pierna flexionada. La pierna estirada se eleva a la vez que el tronco y el brazo contralateral, CON PREVIA ACTIVACIÓN ABD.	rep	10
			series	2/lado
Patrón cruzado flexor en carga. Mantenimiento tronco + flex de brazo y pierna contralateral simultánea.		rep	10	
		series	2 cada	
Prone plank goma en rodillas		rep	10	
		series	3	
Supine Bridge		rep	10	
		series	3	
Side Bridge		rep	8	
		series	2 cada	
Fuerza CCA (pierna IZDA)	Banco de cuádriceps CONC + ISOM 90°-20° flex	rep	5 (5")	
		series	3	
	Banco de cuádriceps CONC 90-20° flex.	rep	12	
		series	3	
	Banco de isquío CONC 0-90° flex	rep	12	
		series	3	
	Pelvis arriba en banco, subir y mantener mientras tensa goma hacia fuera.	rep	8	
		series	2 cada	
	Fase final swing en máquina glúteo: apoyo 1° con sana --> progreso a apoyo lesionada	rep	8	
		series	2 cada	

Fuerza CCC (pierna IZDA)	Squat unipoal libre + estabilidad	rep	6
		series	3
	Lunge estático	rep	5
		series	3
	Step up plano sagital (cajón mediano) --> plano frontal (cajón pequeño)	rep	8
series		2/lado	
Fuerza + EAD/ppio (pierna DCHA)	Squat bipodal con electroestimulación	rep	8
		series	3
	Mantenimiento posición unipodal	rep	8
		series	3

Tabla 2. Plan semanal en la fase pre-operatoria.

FASE INMEDIATA

Estos primeros días el jugador utilizará dos muletas con carga parcial de la rodilla lesionada y hará uso de un inmovilizador y vendas compresoras, durante las 24h del día, excepto el tiempo que pasará en las sesiones de rehabilitación. A pesar de los conflictos en la literatura, recomienda un inmovilizador con bloqueo durante la deambulación para enfatizar la extensión completa de la rodilla y ayudar al paciente durante el ciclo de andar, mientras que el cuádriceps se inhibe. La llave



Ilustración 8. Inmovilizador de rodilla.

bloqueada se utiliza durante el sueño durante las primeras 2 semanas después de la cirugía. Un objetivo crítico de la segunda semana es entrenar al paciente para que asuma la carga completa de su cuerpo. Los primeros 7 a 10 días después de la cirugía, utilizarán dos muletas, progresando a 1 muleta y finalmente, después de 10 a 14 días, con la carga completa y sin muletas.

<http://www.teyder.com/productos/ortesis-tecnicas-por-extremidad/ortesis-de-rodilla/>

La complicación más común y la causa de los peores resultados después de la reconstrucción del LCA es la pérdida de movimiento, en particular la pérdida de extensión completa de la rodilla debido a la sobrecarga fémoropatelar por la marcha en flexo, y a la dificultad para ganar fuerza en el cuádriceps, que empeora los problemas fémoropatelares.

Por lo tanto, dos de nuestros objetivos son lograr algún grado de hiperextensión durante los primeros días después de la cirugía y, finalmente, trabajar para restaurar el movimiento simétrico. La progresión que seguiremos será de intentar mostrar durante los primeros 5-7 días una movilidad de 0° a 90° y llegar hasta los 100° 10 días después de la cirugía. A lo largo del mes siguiente, la flexión ROM puede progresar aproximadamente 10 ° por semana, lo que permitiría una flexión completa de 4 a 6 semanas después de la cirugía.

Paralelamente, al igual que con la movilidad, también trabajaremos en bajar la inflamación, controlar el dolor, comenzar con la ganancia de la flexión e iniciar la activación muscular, sobre todo de los cuádriceps. Esta primera fase post-operatoria nos llevará de 1 día a 7 días.

Para ello, utilizaremos ejercicios básicos en camilla. Para el arco de movilidad, utilizaremos ejercicios muy útiles de ganancia de extensión y flexión como ya hemos visto anteriormente en los anexos en la tabla 2.

Al igual que en la fase pre-operatoria, se completarán ejercicios sencillos en camilla para comenzar con la activación del cuádriceps (ver en anexos, tabla 2). Como se ha mencionado en la fase pre-operatoria, utilizamos la estimulación eléctrica inmediatamente después de la cirugía mientras realizamos ejercicios isométricos e isotónicos, como conjuntos de cuádriceps, levantamiento de piernas rectas, aducción de cadera y abducción, y extensiones de rodilla de 90 ° a 40 °



Ilustración 9. Comprensión en frío.

<http://www.gameready.com/spanish>

Además de esto, una vez se quiten las grapas, el fisioterapeuta nos ayudará con la maso-terapia de despegamiento tanto de la cicatriz como la de la rótula, ya que una pérdida de movilidad, acarreará complicaciones en el rango de movilidad y en la activación del cuádriceps.

Es importante recordar, que después de cada sesión y varias veces al día, es fundamental hacer uso de hielo o mejor aún, de un continuo flujo de frío (ver ilustración 2), el cual es muy recomendable, ya que además de la rodilla, nos coge la zona del cuádriceps, isquiotibial y gemelo, donde la mayoría de las veces, los jugadores que sufren esta lesión se ven con grandes hematomas en estas zonas.

IMPORTANCIA DEL ÁNGULO DE RODILLA DURANTE EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Antes de seguir con las fases del protocolo, es importante explicar, que una vez vayamos a comenzar con los ejercicios de fuerza tanto en cadena cinética abierta como en cerrada, con carga y sin carga, es fundamental que sepamos cuales son los movimientos que más tensión causan al ligamento y cuáles no.

Dicho esto, y teniendo en cuenta el artículo de Escamilla, Macleod, Wilk, Paulos y Andrews en el año 2012, sabemos que para los

ejercicios con peso y sin peso, una mayor

carga del LCA ocurre en ángulos de flexión de rodilla inferiores (10° a 50°), con carga máxima entre 10° y 30 de la flexión de la rodilla. Para ambos tipos de ejercicios, la carga del LCA disminuye progresivamente de aproximadamente 30 ° a 60 ° de flexión de rodilla, sin que se produzca carga de LCA en ángulos de flexión de rodilla superiores a 60 °.

Non-Weight-Bearing Exercises			
Author	Exercise	ACL Strain (%)*	Knee Flexion Angle (°)
Beynon et al ²	Isometric seated knee extension using a 27-Nm torque as resistance	3.2	30
	Isometric seated knee extension using a 27-Nm torque as resistance	-2.5	90
	150-N (34-lb) Lachman test	3.7	30
	Anterior drawer test, 150 N (34 lb)	1.8	90
Beynon et al ⁴	Dynamic seated knee extension (0°-90° of knee flexion) using a 45-N (10-lb) force as resistance	3.8 [†]	10
	Dynamic seated knee extension (0°-90° of knee flexion) without external resistance	2.8 [†]	10
	Isometric seated knee extension using a 30-Nm torque as resistance	4.4	15
	Isometric seated knee extension using a 30-Nm torque as resistance	2.0	30
	Isometric seated knee extension using a 30-Nm torque as resistance	-0.2	60
	Isometric seated knee extension using a 30-Nm torque as resistance	-0.5	90
Fleming et al ¹⁰	100-N (22.5-lb) Lachman test	3.0	30
	150-N (34-lb) Lachman test	3.5	30

Tabla 3. Tensión y ángulo de rodilla en ejercicios sin carga (Escamilla et al., 2012).

Weight-Bearing Exercises			
Author	Exercise	ACL Strain (%)	Knee Flexion Angle (°)
Heijne et al ²³	Single-leg sit-to-stand (without external resistance) tested at knee angles of 30°, 50°, and 70°	2.8 [†]	30
	Step-up (without external resistance) tested at knee angles of 30°, 50°, and 70°	2.5 [†]	30
	Step-down (without external resistance) tested at knee angles of 30°, 50°, and 70°	2.5 to 2.6 [†]	30
	Forward lunge (without external resistance) tested at knee angles of 30°, 50°, and 70°	1.8 to 2.0 [†]	30
Fleming et al ²⁴	Stair climbing (112 steps per min without external resistance)	2.8 [†]	20
	Stair climbing (80 steps per min without external resistance)	2.7 [†]	11
Fleming et al ²⁴	Stationary bicycling (175 W, 60 rpm)	2.0 [†]	38
Beynon et al ²⁵	Squatting (0°-90° of knee flexion) with or without 136-N (30-lb) resistance	3.6 to 4.0 [†]	10
Kulas et al ²⁶	Single-leg squatting (0°-65° of knee flexion) without external resistance	3.2 [†]	15 to 25

*Abbreviations: ACL, anterior cruciate ligament; rpm, revolutions per minute.
[†]Negative values imply that there was no ACL strain.
[†]Peak ACL strain and its corresponding angle measured for this exercise.*

Tabla 4 Tensión y ángulo de rodilla en ejercicios con carga (Escamilla et al., 2012).

Una diferencia notable entre los ejercicios de carga y sin carga es que la magnitud de la carga del LCA entre 10 ° y 50 ° es mayor con los ejercicios de extensión de rodilla sin carga. Por lo tanto, la realización de ejercicios de extensión de rodilla sentados entre 10 ° y 50 ° de la flexión de la rodilla, con o sin resistencia, produce

una carga significativamente mayor del LCA en comparación con los ejercicios de carga (tales como sentadillas de pierna doble y pierna única, subir escaleras, y montar en bicicleta) realizado en el mismo rango de movimiento. Es nuestra perspectiva, los ejercicios de carga también tienen la ventaja de reclutar importantes grupos musculares en la cadera (extensores de cadera, abductores y rotadores externos) y la rodilla (cuádriceps e isquiotibiales) que sirven para controlar la alineación de las extremidades inferiores y mejorar la propiocepción de la rodilla. Con todos los ejercicios de carga, usando una inclinación de tronco hacia delante de 30 ° a 40 ° sirve para reclutar más los isquiotibiales, lo que proporciona la activación muscular en la rodilla y descarga del LCA (Escamilla et al., 2012).

Para minimizar las cargas en el LCA durante los ejercicios de carga, también es importante prestar mucha atención a la alineación de miembros inferiores apropiada en los planos transversal y frontal (por ejemplo, evitando el valgo de rodilla, aducción de cadera y rotación interna), manteniendo los talones en Y mantener la rodilla de extender más allá de los dedos de los pies más de 8 a 10 cm como la rodilla va en flexión. Un beneficio adicional de los ejercicios de carga es que la adición de resistencia externa no parece aumentar

la carga de ACL, lo cual contrasta con lo que se ha documentado para ejercicios de extensión de rodilla sentados (Escamilla et al., 2012).

Por lo tanto, dados los resultados limitados y poco concluyentes de los estudios de resultados clínicos que han comparado el uso de los ejercicios NWB y WB después de la reconstrucción del LCA, recomendamos que se use un enfoque cauteloso para la selección del ejercicio en las primeras etapas de la rehabilitación. Sugerimos enfocarnos en una combinación de ejercicios de WB realizados dentro de un rango cómodo de movimientos de rodilla (probablemente 0 ° a 45 °) y ejercicios de extensión de rodilla sentados realizados dentro del rango de movimiento limitado de 90 ° a aproximadamente 45 ° de flexión (Escamilla et al., 2012).

FASE TEMPRANA

En esta segunda fase después de la operación, la cual nos llevará de la semana 2 a la semana 4, insistiremos en mantener la extensión completa de la rodilla y seguiremos con la ganancia de flexión. Con la total extensión y una vez hayamos retirado las muletas y la inmovilización el objetivo será volver a recuperar el patrón de la marcha. Además, los ejercicios con carga y sin carga, el entrenamiento propioceptivo y los ejercicios de fortalecimiento también se inician durante las primeras 2 semanas y progresan según lo tolerado. El entrenamiento propioceptivo comienza inicialmente con ejercicios básicos como el reposicionamiento de las articulaciones y el cambio de peso. Los cambios de peso pueden realizarse en la dirección medial / lateral y en patrones diagonales. Los minisquats también se realizan poco después de la cirugía. Los ejercicios de control neuromuscular se avanzarán gradualmente para incluir la estabilización dinámica y el entrenamiento controlado de la perturbación 2 o 3 semanas después de la cirugía.

Se realizarán diferentes ejercicios que nos facilitarán la normalización de la marcha (ver tabla 10). Con la normalización de la marcha, completaremos nuevos ejercicios de fortalecimiento y comenzaremos con los primeros ejercicios de propiocepción, que nos permitirá iniciar la estabilidad de la rodilla. En esta fase, teniendo en cuenta la importancia que tiene el CORE para la

estabilidad del tronco, y en consecuencia la estabilidad de todo nuestro cuerpo, comenzaremos a partir de aquí, y hasta el final de la rehabilitación a realizar ejercicios de CORE, las cuales alrededor de las 3 semanas irán modificándose para poder progresar (ver tabla 11).

FASE MEDIA

En esta tercera fase después de la cirugía, nos llevará desde la semana 4 hasta la semana 10. Los objetivos principales de esta fase será restaurar la movilidad articular completa de la rodilla, mejorar la fuerza del tren inferior, mejorar la propiocepción, equilibrio y el control neuromuscular, mejorar la resistencia, y recuperar la confianza y función de los miembros inferiores.

Un aspecto fundamental de esta fase, será el aumento gradual de las cargas. Los ejercicios tales como cambios de peso y fisuras se progresan desde el plano recto anterior, posterior o medial-lateral a multi-planos y movimientos rotatorios. Por otro lado, ejercicios de doble pierna, tales como prensas de pierna, las extensiones de la rodilla, las actividades del balance y pliometría, se progresan a los ejercicios de la sola pierna.

Controlaremos los desplazamientos del cuerpo hacia adelante, hacia atrás, lateral, diagonal y rotatorio, mientras que se centra en la estabilización de la rodilla. Trabajar contra la resistencia elástica se considera una herramienta poderosa para entrenar el control neuromuscular, ya que la rodilla, la extremidad inferior, la pelvis y la parte superior del cuerpo necesitan ser controlados en base a la dirección de la resistencia. Primero, el foco está en la estabilización apropiada a velocidades más lentas (lado a lado, sin saltar), entonces las velocidades y los movimientos dinámicos se incrementan gradualmente. Ejercicios básicos, tales como lunges (frontal, lateral o diagonal), realizados con y sin rotaciones del tronco, son útiles para promover la estabilización multiplanar de la rodilla reparada quirúrgicamente. Algunas formas simples de ejercicios de rapidez también se incluyen en esta fase. Por ejemplo, el atleta se queda quieto, luego, a la señal de inicio, realiza un sprint suave unos pocos metros antes de detenerse y estabilizarse en la rodilla operada, y luego patea la pelota con la pierna no operada. Esto se puede

realizar primero en el gimnasio y luego en el terreno de juego para estimular mejor el proceso de aprendizaje motor.

Algunos de los muchos ejercicios de fuerza que se trabajan las primeras semanas de esta fase intermedia pueden ser, la prensa de pierna, extensión de la rodilla de 90 ° a 40 °, abducción y aducción de cadera, flexión y extensión de la cadera, sentadillas o pasos laterales. Por otro lado, continuaremos avanzando con el sistema de estabilidad realizando actividades de equilibrio. No podemos olvidar la propiocepción, la cual irá cogiendo cada vez más importancia junto con el control neuromuscular. Por otro lado, para fortalecer la cualidad aeróbica y la movilidad de ROM, utilizaremos la bicicleta. Primeramente, con cargas muy bajas y volumen medio, para después, seguir con un trabajo a diferentes intensidades y volumen. Finalmente, alrededor de la semana 8 y 10 iniciaremos un programa para caminar y correr en la máquina antigravitatoria, para que así la carga de impacto en la rodilla podamos minimizarlo. Para acabar, es una opción muy interesante, comenzar también un programa de piscina, en la cual, ejercitaremos movimientos de la marcha, ganancia de ROM, pliometría y resistencia aeróbica.

A continuación, en la tabla 5, veremos un ejemplo del plan semanal de esta fase, en concreto la semana 6.

TIPO DE TRABAJO	DESCRIPCION DEL EJERCICIO	CONTROL VOLUMEN/CARGA	
Terapia Manual / ROM Pasivo / Otras Técnicas	Movilidad rotuliana (craneo-caudal y lateral).	EVA	
	Movilidad rotacional tibia sobre fémur en flex de rodilla.	EVA	
	Liberación córner posterolateral (bostezo varo, mov cabeza peroné...)	EVA	
ROM Activo-asistido	elevar talón de la camilla y pisar mano en ISOMETRÍA DE Q.	rep	10
		series	3
	Talón elevado, apretar colchoneta mientras hace por pisar mi mano en ISOMETRÍA DE Q.	rep	10
		series	3
Terapia Muscular Activa (CCA)	Transiciones con deslizamiento de talón hasta tope anatómico de flex-ext rodilla.	rep	10
		series	3
	CO-CONTRACCIÓN H-Q en supino a 90-90° flex cadera rodilla vs pared --> superficie inestable. 3-5 seg.	rep	8
		series	3
Terapia Muscular Activa (CCA)	EXT Q en sedestación en ROM de 90-30°	rep	8
		series	3
	Supine bridge vs goma UNIPODAL en máquina isquio	rep	8
		series	3
Estabilidad Abdomino-Lumbo-Pélvica (CORE)	Isquio sobre banco + pelvis arriba	rep	5
		series	3
	Elevación de tronco (hasta despegar escápulas) con 1 pierna flexionada CON PREVIA ACTIVACIÓN ABD.	rep	10
		series	2/lado
Estabilidad Abdomino-Lumbo-Pélvica (CORE)	Elevación de tronco (hasta despegar escápulas) con 1 pierna flexionada. La pierna estirada se eleva a la vez que el tronco y el brazo contralateral, CON PREVIA ACTIVACIÓN ABD.	rep	8
		series	2/lado
	Prone Plank sobre pies, elevar pierna abd+ext	rep	6
		series	3
Estabilidad Abdomino-Lumbo-Pélvica (CORE)	Side bridge: afecta sobre rodillas	rep	6
		series	3
	Goma contrarresistencia: APOYO AMBAS. Hacia ext, flex y	rep	15

WEIGHT BEARING + reeducación marcha	abd cadera.	series	3
	Caderazo: estático --> dinámico	rep	15
		series	3
	Squat prensa	rep	5
		series	3
1/2 squat asistido UNIPODAL	rep	8	
	series	3 cada	
PISCINA (ROM + fuerza MMII)	bicicleta	min	1
		series	3
	Caderazo: est y din.	rep	15
		series	3
	coz hiperext	rep	10
		series	3
	Patrón marcha sagital y frontal subiendo rodillas y talón al culo.	largos	6
		m	5
	Marcha cangrejo vs goma en rodillas.	largos	4
		m	5
	F MI: flex-ext cadera balístico: cuando apoya sana con brazos en jarra; cuando apoya afecta, apoyo manos en borde piscina.	rep	10
		series	3
	F MI: abd-add cadera balístico: apoyando brazos con ambas piernas.	rep	10
		series	3
	Minisquat	rep	8
series		3	
Tríceps sural unipodal: puntillas	rep	10	
	series	3 cada	
Tren Superior (Gym)	Kinesis: pectoral, bíceps, tríceps	rep	8
		series	2 cada
		EVA	
	Fondos pectoral sbre rodillas --> pies	rep	8
		series	3
	Dorsal+tríceps banco supino (saque de banda)	rep	8
		series	3
	Periescapulares: juntar escápulas (C invertida), en minisentadilla con codos extendidos brazos atrás.	rep	8
		series	3
Periescapulares: juntar escápulas (C invertida), en minisentadilla con codos flexionados, separar codos y abd de hombro (sacar alas).	rep	8	
	series	3	

Tabla 5. Plan semanal en la fase intermedia.

FASE AVANZADA

En la fase avanzada, progresaremos desde la semana 10 hasta la semana 16 después de la operación. Como objetivos en este caso, tendremos, la normalización de la fuerza de las extremidades, mejorar la potencia muscular, mejorar la resistencia, mejorar el control neuromuscular y comenzar a trabajar con ejercicios más específicos a nuestro deporte, es decir, al fútbol.

Para cumplir todos los objetivos anteriores, seguiremos trabajando con los ejercicios anteriores, pero con ciertas puntualizaciones, como, la ejecución a mayor velocidad de los ejercicios, con menos carga y más repeticiones para la mejora de la potencia, o mayor carga para a ganancia de fuerza. Otra progresión dentro de esta fase, será dejar a un lado la máquina de correr anti-gravitatoria, para comenzar con la carrera en los terrenos de juego.

Esta fase incluye el entrenamiento neuromuscular específico del fútbol.



Ilustración 10. Estabilización rotacional.

Inicialmente, el foco está en la estabilización de las rodillas (y extremidades inferiores) en posiciones de soporte de peso, comenzando con ejercicios estáticos, luego dinámicos, y eventualmente reactivos. Se presta especial atención al varo / valgo y al control rotacional de la rodilla reparada quirúrgicamente y de la extremidad inferior, haciendo hincapié en la correcta alineación de las extremidades inferiores (evitando el colapso de la rodilla medialmente), en la pelvis y la

estabilización del tronco. La estabilización de la rotación se puede entrenar en una simple superficie rotatoria inestable. De acuerdo con los principios de aprendizaje motor, es importante ejercitarse en diferentes condiciones ambientales (por ejemplo, en el gimnasio, sala cubierta y en el campo) y con calzado diferente (por ejemplo, sin zapatos, zapatos deportivos, Y zapatos del fútbol). El balón de fútbol debe utilizarse, en la medida de lo posible, como una herramienta para mejorar las estrategias de estabilización reactiva (ver ilustración 10). Con un jugador de campo, los pases básicos (pies) son simulados, mientras que las recepciones básicas de pelota (manos) se utilizan

con un portero. Se permite al atleta rebotar / hacer juegos malabares con la pelota, y también ejecutar pases simples (usando los lados interno y externo del pie) con la pierna operada. A veces, el atleta puede combinar la formación específica con actividades menos centradas (ver ilustración 11). La incorporación del balón de fútbol y del equipo específico para el fútbol (zapatos)



Ilustración 11. Habilidad con el balón.

en la fase 2 no sólo es importante para mejorar las estrategias de estabilización neuromuscular específicas para el fútbol, sino también para promover una actitud psicológica positiva en la rehabilitación.

En esta fase, donde pasaremos sesiones de entrenamiento fuera del gimnasio, realizaremos diferentes desplazamientos, las cuales nos

servirán, como simulacro de adaptación a la práctica y entrenamiento específico del fútbol. Puede incorporar todos los aspectos del fútbol, incluyendo ejercicios directos, hacia atrás, o multidireccionales, y ejercicios explosivos y reactivos con corte. El contorno del ejercicio es simple. Las distancias pueden ser aumentadas o disminuidas, pero la posición del jugador tiende a dictar el tamaño del cuadrado y la intensidad con la que el jugador está trabajando.

Los ejercicios combinados nos ayudan a entrenar diferentes actividades como aceleración rápida, corta velocidad, corte y aceleración y rotaciones del cuerpo en una secuencia rápida a una distancia predefinida (por ejemplo, 20 m). La incorporación de varias habilidades en una secuencia rápida ha demostrado ser una rapidez específica válida y un método eficaz para entrenamiento del control del cuerpo.

A continuación como podemos ver en la tabla 6, se propone un plan semanal dentro de esta fase, en concreto corresponde a la última semana.

TIPO DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	DESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO	CONTROL VOLUMEN/CARGA	
ROM activo		CIRCUITO GANACIA ROM EN CCC	rep	10
			series	3
Terapia Muscular Activa (CCA)	EXT Q 1) Banco en ROM de 20-90° fase EXCÉNTRICA 2) cuerda elástica flexo-extensión rápida		rep	10
			series	3
			Kg/ resist	20
	ISQUIO CUERDA ELÁSTICA FLEXO-EXT RÁPIDA		rep	10
			series	3
			Kg/ resist	ELÁSTICO
	ISQUIO polea tumbada con pierna recta		rep	10
			series	3
			Kg/ resist	10
	Isquio SLIDE: fase concéntrica rápida + exc lenta bipodal con pelvis arriba		rep	8
series			3	
Kg/ resist			10	
Isquio unipodal sobre banco + pelvis arriba con swing		rep	8	
		series	3	
		Kg/ resist	10	
Estabilidad Abdomino-Lumbo-Pélvica (CORE)	Prone Plank cruzado sobre pies, elevar pierna abd+ext		rep	10
			series	2/lado
	Side bridge inestabilidad en pies		rep	8
			series	2/lado
	Superman con tracción goma arco extensor cruzado		rep	8
			series	2/lado
	Rotadores 1) en CCA (fitball y goma) 2) en CCC (goma)		rep	10
			series	2 cada
Barra antirrotación UNIPODAL		rep	8	
		series	3	
Patrón cruzado 1) flexor 2) extensor		rep	8	
		series	3	
Terapia Muscular Activa (CCC)	Maquina glúteo chut hacia delante y atrás		rep	10
			series	2 cada
	sentadilla UNIPODAL --> SOLO FASE DE BAJADA con disco arriba		rep	5
			series	3
	Squat unipodal prensa: 1) Fase negativa con peso ++ 2) impulso rápido con peso 3) salto a una pierna recepción a 2		Kg/ resist	5
rep			6	
Lunge hacia delante sobre bosu con		series	3	
		rep	5 cada	

	disco arriba	series	3
	Lateral squat con disco arriba	rep	4 cada
		series	3 cada
	SQUAT MILITAR con pierna atrás + barra SOLO MALA	Kg/ resist	2,5
		rep	8
		series	3
	Step down hacia delante y atrás sobre cajón con barra SOLO MALA	Kg/ resist	10
rep		8	
Step up carga ++ con barra SOLO MALA	series	3	
	Kg/ resist	10	
	rep	8	
EAD + PLIOMETRÍA (inicio)	Recepciones de paso plano sagital --> frontal en mat	rep	3
		series	3
	Molinillo	rep	3
		series	3
	Distracción sobre bosu (con gomas, balón...) combinando planos	rep	3
		series	3
	Prensa pliometría: 1) salto a 2 recepción a 1 2) saltros consecutivos unipodales	rep	6
series		3	
Tuck jump	Kg/ resist	30	
	rep	3	
Tren Superior (Gym)	Kinesis: pectoral, bíceps, tríceps	rep	3
		series	2 cada
	Fondos pectoral sbre rodillas --> pies	rep	8
		series	3
	Dorsal+tríceps banco supino (saque de banda)	rep	8
		series	3
	Periescapulares: juntar escápulas (C invertida), en minisentadilla con codos extendidos brazos atrás.	rep	8
series		3	
Periescapulares: juntar escápulas (C invertida), en minisentadilla con codos flexionados, separar codos y abd de hombro (sacar alas).	rep	8	
	series	3	

Tabla 6. Plan semanal de la fase avanzada.

FASE DE RETORNO AL DEPORTE

En esta última fase comenzaremos con el retorno gradual a nuestro deporte. Los principales objetivos serán obtener la máxima fuerza y resistencia, normalización completa del control neuromuscular e iniciación del entrenamiento de habilidades de progreso. Para ello, además de realizar un entrenamiento específico del deporte en los terrenos de juego, seguiremos trabajando en el fortalecimiento muscular, en el control neuromuscular, en la pliometría y en la agilidad específica. De esta manera, llevaremos al jugador de nuevo a la práctica de equipo sin restricciones, con la posesión completa de sus habilidades futbolísticas y el condicionamiento de la extremidad no involucrada. Esta última fase, generalmente durará desde la semana 16 hasta la semana 24.

A menudo, el nivel de contacto del deporte se pasa por alto en el programa de rehabilitación y se deja a los jugadores para gestionar a medida que gradualmente se reúnen formación. Aunque siempre hay riesgo con el contacto, sugerimos que puede ser mejor incluir este aspecto del juego en un ambiente controlado de rehabilitación en lugar de dejarlo al ambiente impredecible de una sesión de entrenamiento. Si la rodilla del jugador es capaz de soportar gradualmente las fuerzas de valgo / varo con y sin rotación, deben ser capaces de hacer frente a la carga gradual / fuerzas de contacto.

Situaciones de hacer una entrada es otro tipo de contacto que debe ser abordado, ya que es una función importante de la rodilla en el lado defensivo de la juego. Las progresiones graduadas de aterrizar en el piso y patear una pelota pueden ser incluidas primero sin otra persona, y eventualmente con un readaptador pidiendo al paciente que se deslice y patee la pelota lejos de los pies del readaptador. Los juegos y las repeticiones se pueden agregar gradualmente, con la velocidad que se agrega solamente mientras que el paciente está comenzando a ensamblar el entrenamiento del grupo. Es vital, sin embargo, que antes de agregar estos ejercicios de última etapa, se hayan completado todos los aspectos del entrenamiento de salto de una sola pierna y rotación. La superficie del césped también debe ser inspeccionada antes de realizar este tipo de ejercicios, ya que las condiciones externas, como una

superficie húmeda muy seca y además con la hierba muy alta podrían poner al atleta en mayor riesgo.

Respetar un retorno gradual y progresivo al fútbol competitivo es crucial para el jugador después de la reconstrucción del LCA. Por lo tanto, es necesario diferenciar entre varios tipos de retorno:

- Volver a la práctica de entrenamiento reducida del equipo (sin contacto)
- Regresar a la práctica de entrenamiento completo (normal) del equipo (con contacto)
- Regresar a juegos "amistosos" (inicialmente no durante la duración total de un partido)
- Volver a la competición (inicialmente no durante la duración total de un partido)

Este primer retorno es a menudo el más crucial. El jugador debe estar físicamente y psicológicamente listo para pasar del entrenamiento individual, donde la mayoría de las situaciones son intensas pero controladas, al entrenamiento del equipo, donde el jugador también está expuesto a situaciones incontroladas. En esta fase, el jugador también continúa realizando entrenamiento específico, enfocado en la mejora de las cualidades (fuerza, coordinación y resistencia) bajo supervisión.

A continuación podemos observar en la tabla 7, un plan semanal en esta fase de retorno al deporte.

TIPO DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN DEL EJERCICIO	CONTROL VOLUMEN/CARGA	
ROM activo	CIRCUITO GANACIA ROM EN CCC: Introducir tobillo DF	rep	10
		series	3
Terapia Muscular Activa	CADENA DE CHUT: elástico en punta de pie, reproducir gesto golpeo, fase excéntrica de precarga, concéntrica de golpeo y excéntrica de frenada	rep	10
		series	2 cada
		Kg/ resist	elástico
	Isquio SLIDE: fase concéntrica rápida + exc lenta bipodal con pelvis arriba --> progreso a UNIPODAL solo descenso	rep	6
		series	3
	SQUAT UNIPODAL en bosu del revés: bajar todo lo posible, CON BARRA	rep	5
		series	2 cada
		Kg/ resist	10
	SQUAT MILITAR con pierna atrás 1) + barra + desequilibrio valgo con elástico. Comenzar a realizarlo con salto, primero con peso corporal y después añadiendo disco --> barra	rep	8
		series	3 cada
STEP UP FRONTAL Y LATERAL: carga ++ y cajón alto. Descenso controlado evitando CADERA HACIA FUERA, ROTACIÓN INTERNA DE FÉMUR, VALGO RODILLA, Y TRONCO DEMASIADO INCLINADO HACIA DELANTE	rep	8	
	series	3 cada	
	Kg/ resist	10	
ISQUIO DINÁMICO: Lunge con zancada balística 2) pasos de vaya con zancada balística	rep	8	
	series	3	
	Kg/ resist	10	
REACTIVOS DE TOBILLO: 1) tumbada, bailar sobre talones adelante-atrás. 2) lo mismo con puntas en multipower	rep	8	
	series	3	
	Kg/ resist	10	
Estabilidad Abdomino-Lumbo-Pélvica (CORE)	Prone Plank cruzado Sobre fitball o haciendo círculos	rep	6
		series	3
	Side bridge apretando fitball contra la pared con pierna en el aire, apoyando la mano en el suelo y el otro brazo apuntando al cielo.	rep	6
		series	2/lado
	Avance lateral (cangrejo) tensando goma en rodillas (rotación externa de cadera) y generando arco de tensión tensando con brazo contrario	rep	8
		series	2/lado
AVIONETA: pesas 2,5 en manos, a una pierna aguantar movimientos rotacionales en rodilla.	rep	5 cada	
	series	2 cada	

	Barra antirrotación UNIPODAL con salto y cambiando de pierna	rep	8
		series	3
	Patrón cruzado 1) flexor 2) extensor, sobre superficie inestable (colchoneta)	rep	8
		series	2 cada
	Cross country skiing con lastre en tobillo (polea), goma en rodilas. Seguir puliendo	rep	6
		series	2 cada
	Absorciones (fase negativa) sobre superficie inestable (variedad ejercicios siguiendo esta base) --> con impactos repetidos x2	Kg/ resist	10
		rep	3 cada
	Distracción a valgo sobre bosu (con gomas, balón...) combinando planos	series	3
		rep	3
	Prensa pliometría: saltos consecutivos unipodales	rep	10
		series	3
	Impulso salto UNIPODAL, fase positiva: 1) a cajón. 2) Longitud	Kg/ resist	40
		rep	3
	Tuck jump vertical y horizontal	series	2 cada
		rep	5
	LUNGE PLIOMÉTRICO con disco arriba: forward & backwards	series	3
		rep	4 cada
	Reactividad en pasos: frecuencia, longitud, tiempo de contacto. Minicircuitos con superficies inestables y en diferentes planos.	series	3
		rep	3
	INICIO circuitos de desplazamientos frontales y laterales distancia corta combinado con entrenamiento N-M	series	3
		rep	3

Tabla 7. Plan semanal en la fase de retorno al deporte.

EVALUACIONES

Es importante mencionar, que aunque en las fases de recuperación haya fechas anteriormente estipuladas, no hay que olvidar que cada rehabilitación es totalmente individualizada y requerirá hacer un seguimiento diario del paciente. Es fundamental que en cada fase se describa cual será el objetivo, para luego, una vez se haya cumplido ese objetivo, se pase a la siguiente fase. Para ello, debería ser obligatorio que todos los objetivos que se hayan descrito, se midan y se evalúen de manera objetiva, ya que, el hecho de no medir y seguir con fases posteriores, harán que la rehabilitación del paciente se deteriore en algún momento.

Dicho esto, en este protocolo se propone realizar varios test y evaluaciones durante la rehabilitación:

ARCO DE MOVILIDAD

Durante los primeros meses de rehabilitación evaluaremos constantemente, 2-3 veces a la semana, el rango de movilidad, haciendo uso de un goniómetro (ver ilustración 12). El cual nos servirá para conocer si cumplimos con la progresión o no.

Para pasar de la fase 1 a la fase 2, uno de los objetivos será el de cumplir la movilidad de 0° a 90° y a su vez, lograr la extensión completa de la rodilla.

Más tarde, como criterio para comenzar la tercera fase, necesitaremos un rango de movilidad de 0° a 115° .

En la décima semana, al comienzo de la fase 4 necesitaremos una movilidad de 0° a 125° , es decir un rango completo.



Ilustración 12. Goniómetro.

<https://sp.depositphotos.com/33436269/stock-photo-physiotherapist-examining-knee-angle-with.html>

FUERZA MUSCULAR

En cuanto a criterios de fuerza, en cada fase debemos de progresar con el fortalecimiento de la musculatura del miembro afectado, es por ello, que en



Ilustración 13. Dinamómetro.

<http://www.dothanmobility.com/s/search/products/brand/Lafayette%20Instrument/>

cada fase tendremos que evaluar diferentes apartados para poder seguir con el protocolo.

Para comenzar, y como primera evaluación de fuerza, veremos cuál es el control del cuádriceps. Este, necesitará la capacidad de levantar la pierna recta, para poder continuar con la segunda

fase post-operatoria.

Por otro lado, mediante un dinamómetro (ver ilustración 13) mediremos la fuerza de la pierna afectada, la cual tendrá que cumplir la fuerza del cuádriceps superior al 60% de la pierna no afectada, esta evaluación, lo realizaremos al final de la fase 2, para poder iniciar la fase 3.

Al finalizar la fase intermedia, para continuar con la fase avanzada, necesitaremos una fuerza de los cuádriceps de al menos %79 en comparación de la pierna no lesionada y un 70-75% de relación flexo-extensora de la rodilla.

Para acabar, en la fase de retorno al deporte, la fuerza de los cuádriceps e isquiotibial de la pierna lesionada deberá de ser de más de 85% respecto a la pierna no afectada.

PRUEBA ISOCINÉTICA

La prueba cinética consiste en una prueba de esfuerzo, en la cual se medirá la fuerza. La medición consiste en ejercer dinámicamente un rango de movimiento determinado, a una velocidad constante y programable. Esta técnica utiliza un dinamómetro asociado a un módulo electrónico y un sistema de cómputo que registran las magnitudes físicas resultantes de la fuerza muscular aplicada.



Ilustración 5. Valoración Isocinética.

<https://www.youtube.com/watch?v=URyVh-uPaOA>

En este caso, se analizarán las fuerzas de la musculatura extensora y flexora de rodillas. El eje anatómico de rotación de la articulación de la rodilla se alinea con el eje de rotación de la máquina y se colocan topes de seguridad en los extremos de la extensión y la flexión.

Este test se realizará por primera vez a los 3 meses, cuando el jugador pueda comenzar a correr en los terrenos de juego, fuera de cintas y tapices de correr. Con los datos que se analizarán en el esfuerzo isocinético, veremos la comparación de fuerza de una pierna a otra, la cual, nos dará vía libre o no, para poder comenzar con la carrera al aire libre.

En esta etapa, todavía habrá claras diferencias con la pierna afectada, por lo que, una diferencia de fuerza será totalmente normal. Esa diferencia

“normal” que se permite, será alrededor de un %20-25 de déficit en comparación con la pierna no afectada.

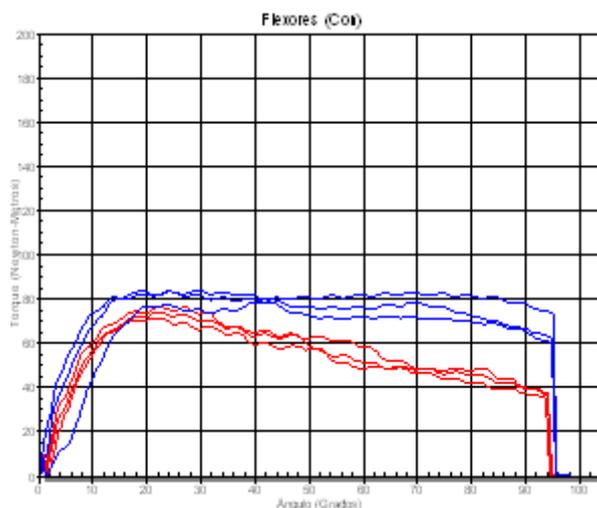
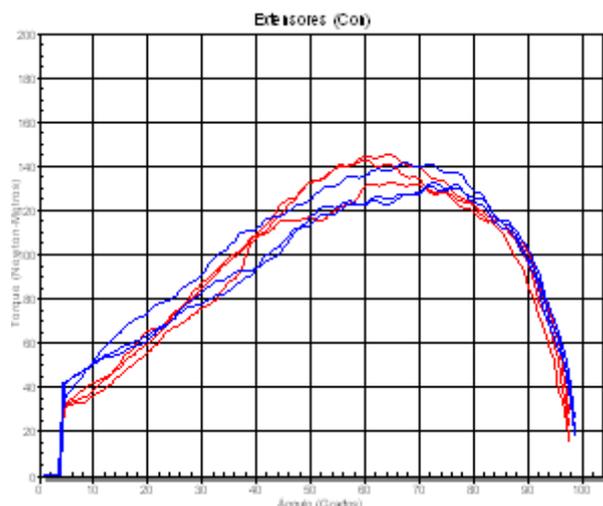
Hay que decir, que en el caso de que se haga este test y los resultados no sean los esperados, el proceso consistirá en seguir ganando fuerza y volver a realizar el test, hasta que el déficit disminuya y podamos continuar con la rehabilitación.

Una vez, que hayamos pasado la fase de volver a la carrera y seguir con la vuelta al deporte, al de 6 meses, se volverá a repetir el mismo test, para conocer cuál es el estado de la fuerza, ya que, a partir de los 6 meses, la carga de fuerza será mucho menor que al principio y los resultados podrían haberse alterado, habiéndolos empeorado y tener que volver a enfocarnos en la fuerza.

A continuación, en los siguientes gráficos veremos 3 resultados diferentes y en distintas etapas, pudiendo observar una clara evolución de la fuerza. La primera, se realizó el primer día de pretemporada, sin ningún tipo de lesión, la segunda 3 meses después de una rotura del ligamento cruzado anterior y la tercera al de 4 meses de la operación. En este caso, los resultados de 3 meses post-quirúrgico fueron tan bajos que hubo que centrarse casi exclusivamente en la fuerza de la pierna afectada. De ahí, que al de un mes se volviera a hacer nuevamente el mismo test de fuerza isocinética.

PRETEMPORADA

Fecha de nacimiento: 25/6/1994
Altura: 162 Centímetros
Peso: 56 Kilogramos
Sexo: Mujer
Pierna afectada: DRCHO
Pierna dominante: DRCHO

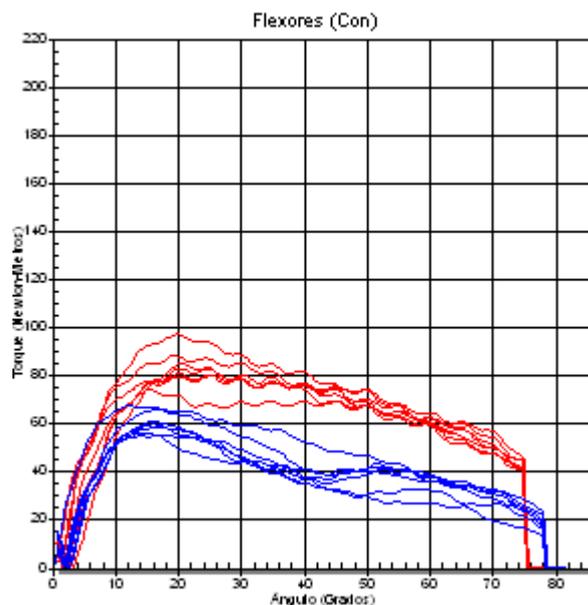
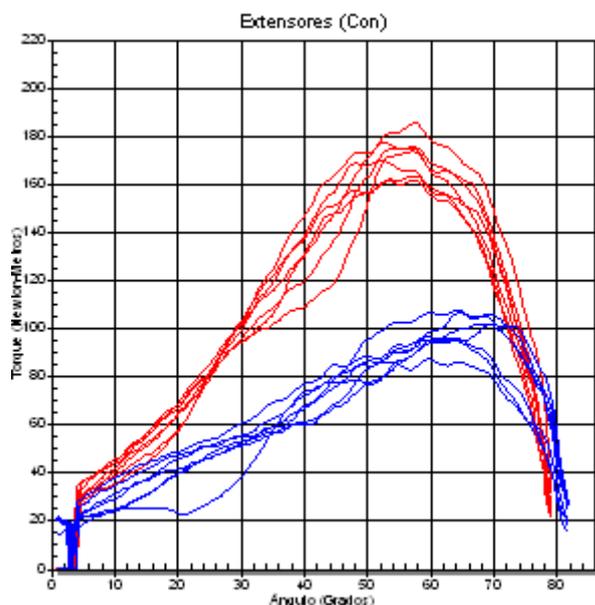


Curvas del lado derecho Curvas del lado izquierdo
Isocinético Con/Con **Extensores (Con)**

Velocidad 60/60 grad/seg. Repeticiones 3				Valor	Coef Var	%BW	Valor	Coef Var	%BW	Ratio
torque máximo (Newton-Metros - Mejor repetición) - Zoom										
Derecha	142	0,04	253	84	0,01	149				59
Izquierda	145	0,05	259	76	0,03	137				52
Déficit							10			
Trabajo por repetición (Newton-Metros - Mejor repetición) - Zoom										
Derecha	171	0,05	304	122	0,02	218				71
Izquierda	163	0,03	292	92	0,04	164				57
Déficit							24			
Rango de Movimiento (ROM) (Grados) - Zoom										
Derecha	0	1,15		99	0,00					
Izquierda	0	0,49		98	0,00					

Gráfico 1. Resultados isocinéticos pretemporada.

(Athletic Club, 2017) .



Curvas del lado derecho

Curvas del lado izquierdo

Isocinético **Con/Con**

Extensores (Con)

Flexores (Con)

Velocidad **60/60 grad/seg**. Repeticiones 7 Valor Coef Var %BW Valor Coef Var %BW Ratio

PARÁMETROS DE TORQUE

torque máximo (Newton-Metros - Mejor repetición) - [Zoom](#)

Derecha	107	0,07	191	68	0,08	122	63
Izquierda	186	0,05	331	98	0,09	176	53
Déficit	42			31			

Trabajo por repetición (Newton-Metros - Mejor repetición) - [Zoom](#)

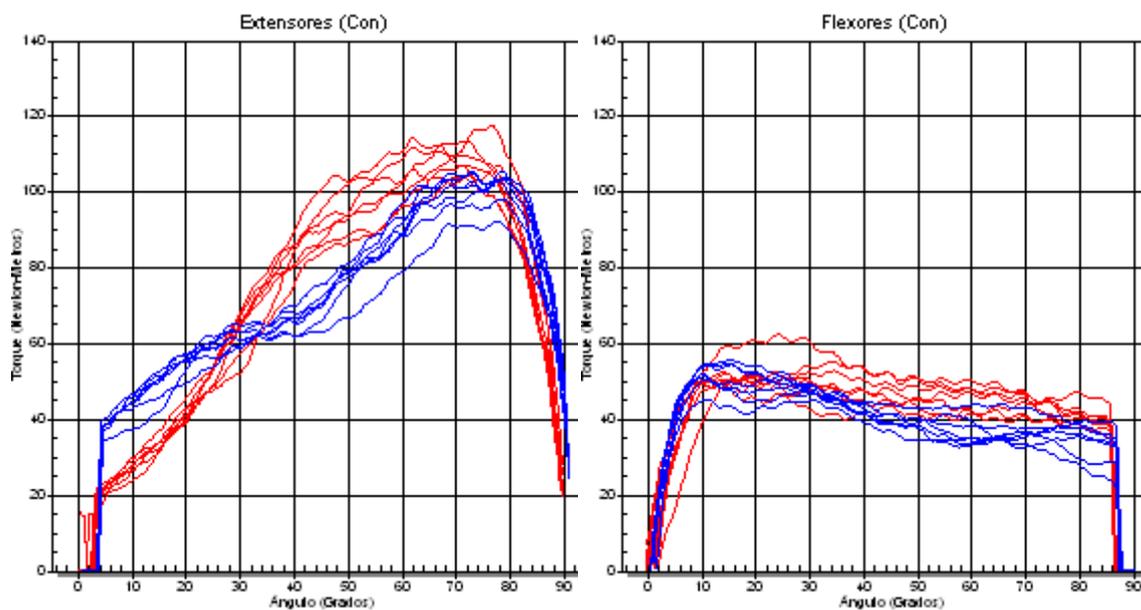
Derecha	98	0,08	176	62	0,10	110	64
Izquierda	153	0,04	274	91	0,05	161	59
Déficit	36			31			

Potencia media por repetición (Vatios - Mejor repetición) - [Zoom](#)

Derecha	67	0,09	119	45	0,10	81	67
Izquierda	109	0,04	196	66	0,08	119	61
Déficit	39			32			

Gráfico 2. Resultado isocinético 3 meses post cirugía.

(Athletic Club, 2017).



Curvas del lado derecho

Curvas del lado izquierdo

Isocinético **Con/Con**

Extensores (Con)

Flexores (Con)

Velocidad **60/60 grad/seg.** Repeticiones 7 Valor **Coef Var %BW** Valor **Coef Var %BW** Ratio

PARÁMETROS DE TORQUE

torque máximo (Newton-Metros - Mejor repetición) - [Zoom](#)

Derecha	106	0,05	188	56	0,07	98	53
Izquierda	118	0,04	212	62	0,08	110	53
Déficit	10			11			

Trabajo por repetición (Newton-Metros - Mejor repetición) - [Zoom](#)

Derecha	114	0,04	203	66	0,06	119	58
Izquierda	118	0,04	212	73	0,05	131	62
Déficit	3			9			

Potencia media por repetición (Vatios - Mejor repetición) - [Zoom](#)

Derecha	71	0,04	127	41	0,06	73	58
Izquierda	73	0,05	130	47	0,06	84	64
Déficit	3			13			

Gráfico 3. Resultados isocinéticos 3 meses post cirugía .

(Athletic Club, 2017).

PRUEBA DE LACTATO

Este test se realizará una vez hayamos comenzado a correr en los terrenos de juego, y hayamos interiorizado la técnica de carrera adecuada.



Ilustración 15. Medidor de lactato.

<https://www.praxisdienst.es/es/Medicina/Laboratorio/Dispositivos+laboratorio/Analizadores+de+lactato/Medidor+Lactato+Lactate+Pro+2.html>

frecuencia cardiaca tendremos que trabajar durante la rehabilitación para que ganemos resistencia y sobre todo aumentemos ese grado de umbral anaeróbico.

Necesitaremos varias semanas para volver a la total normalidad de la carrera y hayamos empezado a ganar resistencia aeróbica. Aunque cada jugador dependerá de sí mismo y de su forma física, este test se completará alrededor de los 4 meses después de la operación.

Con este test, conseguiremos saber cuál será el umbral anaeróbico del jugador. Conoceremos y compararemos el umbral con los resultados anteriores analizados en pretemporada tanto con los datos de sí mismo, como con los datos de los jugadores del equipo. Por otro lado, una vez obtenido el umbral anaeróbico, a partir de aquí, podremos saber en que

El test consiste en correr en una cinta de manera intermitente y a una velocidad progresiva, hasta que la curva del umbral anaeróbico se rompa. Comenzaremos a correr a una velocidad de 8km/h durante 3 minutos, y en todo momento tendremos colocado un pulsómetro. Cuando este tiempo haya discurrido, pararemos el tiempo que necesite el readaptador o el preparador físico para cogernos el lactato y la frecuencia cardiaca en ese instante. Una vez, obtengamos esos dos datos, subiremos de velocidad 1km/h más durante otros 3 minutos. Así, en cada periodo, tendremos el lactato acumulado en ese momento y la frecuencia cardiaca. Como antes se ha mencionado, seguiremos subiendo de palier hasta que el dato del lactato nos diga que hemos pasado el límite del umbral.

PLIOMETRÍA

Para acabar, la última valoración consistirá en hacer varios test de saltos. Se medirán los mismos test en dos fases distintas. La primera al de X meses de la operación y la segunda y última, alrededor de 6 meses de la operación.

Los test que se medirán son:

- CMJ (bipodal y unipodal)

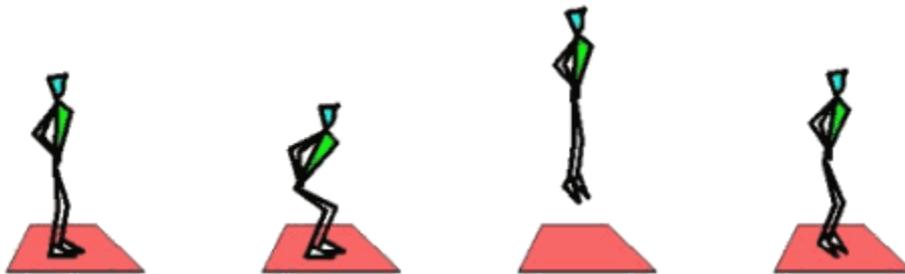


Ilustración 16. CMJ.

https://www.researchgate.net/publication/301960181_Tests_de_salto_vertical_I_Aspectos_funcionales

Con la ayuda del opto jump mediremos saltos tanto en bipodal como en monopodal.

- Drop jump (unipodal)



Ilustración 17. Drop Jump.

https://www.researchgate.net/publication/301960181_Tests_de_salto_vertical_I_Aspectos_funcionales

Con la ayuda del opto jump y una altura mediremos los saltos de manera monopodal.

- Saltos horizontales en línea recta

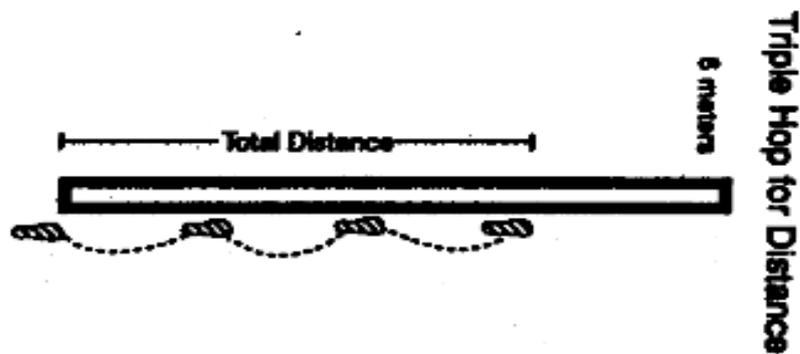


Ilustración 18. Triple salto diagonal. (Noyes, Barber Mangine., 1991).

Sobre una línea recta, se completarán 3 saltos seguidos de manera monopodal (siempre con la misma pierna) y con los brazos en jarra. Se medirá la distancia de inicio con la distancia del último salto

- Saltos horizontales en diagonal

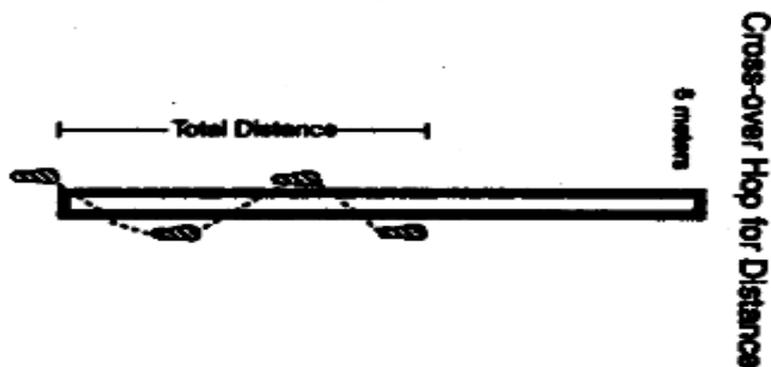


Ilustración19. Triple salto horizontal (Noyes, Barber Mangine., 1991).

Sobre dos líneas rectas, las cuales formarán un rectángulo, se completarán 3 saltos seguidos de manera monopodal (siempre con la misma pierna) y con los brazos en jarra. Esta vez los saltos serán diagonales. Para ello, comenzaremos siempre el primer salto dándolo hacia fuera, esto es, si comenzamos con la pierna derecha, nos colocaremos fuera del rectángulo en el lado izquierdo, y daremos el primer salto fuera del rectángulo pero esta vez en el lado derecho. Los 3 saltos deben de ser máximos, e intentaremos que, al desplazarse diagonalmente, no nos alejemos demasiado del rectángulo, ya que

esto supondrá que horizontalmente perdamos distancia, y no hay que olvidar que en este test el objetivo es llegar lo más lejos posible horizontalmente.

BORG

Como evaluación del trabajado diario, conoceremos las sensaciones del jugador mediante la escala de Borg, de esta manera conoceremos si la intensidad de la sesión, coincide con la opinión del paciente.

Escala moderna de Borg	
0	Nada
0,5	Muy, muy suave
1	Muy suave
2	Suave
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	

Ilustración 20. Escala de Borg.

http://wikideporte.com/wiki/Escala_de_Borg_

PUNTUALIZACIONES PARA LA DEPORTISTA FEMENINA

Es importante recordad que las mujeres presentan varias diferencias antropométricas y fisiológicas. También es digno de mención que en las mujeres atletas, la gran mayoría de las lesiones del LCA, como ya sabemos, se producen sin contacto. Las mujeres tienen algunas características únicas que pueden predisponerlas a la lesión, incluyendo un aumento de la alineación del valgo, una relación pobre de rigidez de los músculos isquiotibiales y cuádriceps, corriendo y aterrizando en una rodilla más extendida, posturas de rodilla dominantes del cuádriceps y debilidad de cadera y/o núcleo.



Ilustración 21. Bajadas frontales.



Ilustración 22. Bajadas laterales.

Debido a que un mecanismo común de lesión de LCA sin contacto es un estrés de valgo con rotación en la rodilla, es importante que la atleta femenina aprenda a controlar este momento de valgo. Además de la educación sobre la alineación óptima de la rodilla, los ejercicios diseñados para controlar este momento en la rodilla incluyen bajadas frontales (ver ilustración 21), bajadas laterales con resistencia (ver ilustración 22), sentadillas con resistencia alrededor del fémur distal (ver ilustración 23), y pasos laterales con resistencia (ilustración 24).

Debe entrenar para estabilizar la rodilla a través de la activación de los cuádriceps y los músculos isquiotibiales usando varios ejercicios, incluyendo ejercicios de equilibrio de la tabla de inclinación mientras realiza el movimiento de un tiro y/ o captura del balón. Debido a que las mujeres tienden a aterrizar con una mayor extensión de la rodilla y una disminución de la flexión de la cadera después del salto, se deben realizar ejercicios de estabilización dinámica, con la rodilla flexionada aproximadamente 30 ° para promover una mejor alineación y activación de los cuádriceps e isquiotibiales.



Ilustración 23. Sentadillas.

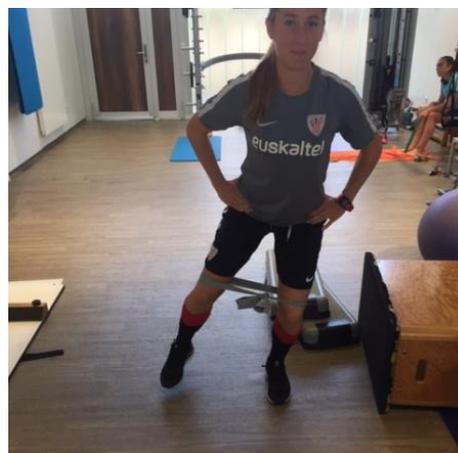


Ilustración 24. Pasos laterales.

Un aspecto clave de la rehabilitación para la atleta femenina es entrenar los extensores de cadera, rotadores externos, abductores y estabilizadores de núcleo, al tiempo que enfatiza una postura flexionada de la rodilla durante el correr, cortar y saltar. Enseñamos a la atleta a controlar las rodillas a través de la cadera y la pelvis. Además, enfatizamos el entrenamiento de fuerza de los abductores de cadera, extensores y rotadores externos. Tenemos especial consideración para entrenar excéntricamente estos grupos musculares para ayudar a controlar la aducción excesiva y la rotación interna del fémur durante los ejercicios. También, realizaremos ejercicios de estabilización del núcleo la ganancia en el control del desplazamiento lateral del tronco durante los gestos deportivos.

CONCLUSIONES

El ligamento cruzado anterior es una lesión de las más severas que puede sufrir un deportista. Vemos que las mujeres tienen un porcentaje mucho mayor de sufrirlo y aunque varias razones son obvias, muchas de ellas no podemos controlarlos y preverlos, por eso buscar los factores de lesión está resultando bastante complicado, por lo que la prevención aunque resulta importante, vemos que no está siendo eficaz y suficiente.

Por otra parte, la rehabilitación, papel fundamental para la recuperación de la lesión, está siendo otro apartado de estudio estos últimos años. Se ha visto que con diferentes estudios y propuestas, el jugador puede rendir en las mismas condiciones anteriores a la lesión en menos tiempo de recuperación, y es esto último, lo que el jugador, entrenador y médico pretende. Sin embargo, otros muchos autores critican la opción anterior y dan razones por las que una recuperación más conservadora ayudará en el rendimiento del paciente. Por lo que, todavía hoy en día, no está claro cuál puede ser el mejor tipo de rehabilitación. Lo que se pretende en este protocolo de rehabilitación es, teniendo en cuenta los estudios que se han hecho tanto de un tipo de rehabilitación como de otro, formar un protocolo donde se tienen en cuenta diferentes protocolos, y así, escoger de cada protocolo lo más apropiado, completando uno nuevo.

Como conclusión principal de este trabajo, y teniendo en cuenta la experiencia personal del protocolo en la rehabilitación explicado en las anteriores páginas este mismo año, creo que para los estudiantes del grado de la actividad física y del deporte, se nos puede abrir una puerta en el mercado laboral. Hasta ahora, solo hemos visto intervenir a estos, en puestos de preparación física o de readaptador, quienes en una lesión del ligamento cruzado anterior intervienen cuando el jugador comienza a ejercitarse en los terrenos de juego.

Después de haber vivido esta experiencia, puedo decir, que el trabajo que he hecho durante todo el proceso de recuperación acompañado de un fisioterapeuta, lo ha podido hacer el readaptador. Es verdad que al comienzo, durante el primer mes, el trabajo del fisioterapeuta es imprescindible, sin

embargo a partir de volver a normalizar el patrón de la marcha y poder realizar muchos otros ejercicios de fuerza y estabilidad, el readaptador podría incorporarse al equipo de trabajo.

En esta rehabilitación, tengo que decir, que en todo momento ha dependido de mí, quiero decir, no he necesitado, masajes u otro tipo de instrumentos como el ultrasonido, o el sistema Indiva Active, antes también conocido como tecarterapia. A partir del primer mes, la rehabilitación ha consistido en hacer diferentes tipos de ejercicios para la mejora de diferentes cualidades, siempre con la supervisión del fisioterapeuta. Por eso, creo que, el hecho de trabajar ejercitando y realizando ejercicios, el readaptador, quien conoce a la perfección todo esto, podría tener mucha más presencia en una lesión de ligamento cruzado anterior.

Además, como experiencia personal, este tipo de rehabilitación donde el paciente tiene mayor implicación en él, creo que es un punto muy importante para la elección de la recuperación. El hecho de que el paciente esté en todo momento ejercitándose y moviéndose, hace que se sienta más satisfecho y realizado, lo que ayuda mucho mentalmente durante todo el proceso.

Para acabar, y como punto débil, no hay que olvidarse que en mi caso, el hecho de poder depender mucho más de mí que del fisioterapeuta, lo he visto como un punto muy positivo. Sin embargo, no todos los jugadores lo verán del mismo modo. Hay momentos, como es obvio, que el fisioterapeuta tendrá al mismo tiempo a varios pacientes, por lo que, otros jugadores estarán ejercitándose solos. En este momento, es cuando explico que parte de la recuperación dependerá de sí mismo. Hay jugadores que trabajarán igual o incluso más cuando están solos, otros, por el contrario, pueden decidir dejar de trabajar, y aprovechar que nadie les observa para descansar.

REFERENCIAS

- Alanis L.M., Zamora P., Cruz A. (2012). Ruptura de ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas. *Ortopedia y Traumatología, Centro Médico ABC*, 57, (2), 93 – 97.
- Alfonso VS, Sancho FG. (1992). Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. *Implicaciones clínico-quirúrgicas. Rev Esp Cir Osteoart.* 27, 33–42.
- Athletic Club. Pruebas isocinéticas. [Gráfico].
- Ayala-Mejías J.D., García-Estrada G.A., Alcocer Pérez-España L. (2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta ortopédica mexicana*, (28,1).
- Bergé, C. (2014). Análisis de los protocolos de rehabilitación pre y post-cirugía del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla. Revisión bibliográfica. *Trabajo de Fin de Grado*.
- Beynon B.D., Johnson R.J., Naud S., Fleming B.C., Abate J.A., Brattbakk B., et al. (2011). 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*, 39(12), 2536–48.
- Bjordal J.M., Arnoy F., Hannestad B., y Strand T. (1997). Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Soccer. *American Journal of Sports Medicine*, (25,3), 341-345.
- Bonsfills N., Gómez-Barrena E., Raygoza J.J., Núñez A. (2008). Loss of neuromuscular control related to motion in the acutely ACL-injured knee: an experimental study. *Eur J Appl Physiol. Springer*, 104(3):567–77.
- Butler D.L., Noyes F.R. ESG. (1980). Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Jt Surg. The Journal of Bone and Joint Surgery*; 62(2), 259–70.

- Cimino F., Volk B.S., Setter D. (2010). Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician. U.S. Naval Hospital, Yokosuka, Japan, 82(8)*, 917–22.
- Claudia M., Constanza M. y Tolosa I., (2008). Biomecánica clínica de la rodilla. *Facultad de rehabilitación y desarrollo humano, Documento de investigación, 39*.
- Díaz, N. (2016). CORE por planos.
- Díaz, N. (2016). Ejercicios de piscina.
- Díaz, N. (2016). Fuerza.
- Dunn W.R. (2004). The Effect of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on the Risk of Knee Reinjury. *Am J Sports Med, 32(8)*, 1906–14.
- Ediz L., Ceylan M.F., Turktas U., Yanmis I., Hiz O. (2012). A randomized controlled trial of electrostimulation effects on effusion, swelling and pain recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot study. *Clin Rehabil, 26(5)*, 413–22.
- Escamilla R., Macleod T., Wilk K., Paulos L., Andrews J. (2012). Anterior Cruciate Ligament Strain and Tensile Forces for Weight-Bearing and Non Weight-Bearing Exercises: A Guide to Exercise Selection. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy, 42 (3)*.
- Etty Griffin L.Y. (2003). Neuromuscular training and injury prevention in sports. *Clin Orthop Relat Res. (409)*, 53–60.
- Feil S., Newell J., Minogue C., Paessler H.H. (2011). 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 (39)*, 1238–47.

- Feria A., De Hoyo M., Fernandez K., Romero S., Mateo J., Sañudo B., (2014). Diferencias de género en la estabilización de rodilla en aterrizajes de salto. *Colegio Santa Joaquina de Vedruna, Universidad de Sevilla, (26)*, 178-179.
- Ferrer V., Balias X., Dominguez O., Linde F.J., Turmo A. (2013). Evaluación de factores de riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior en jugadores de fútbol de alto nivel. *Apunts medicina de lèsport, 49(181)*, 5-10.
- Forriol, F., Maestro, A., & Vaquero, J. (2008). El Ligamento cruzado anterior: morfología y función The anterior cruciate ligament : Morphology and function. *Trauma. 19,7–18*.
- Fukuda T.Y., Fingerhut D., Moreira V.C., Camarini P.M.F., Scodeller N.F., Duarte A., et al. (2013). Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med, 41(4)*, 788–94.
- Góngora, L. H., Rosales, C. M., González, I., & Pujals, N. (2003). Articulación de la rodilla y su mecánica articular. *MEDISAN, 7(2)*, 100–109.
- Gotlin, R. S., y Huie, G. (2000). Anterior cruciate ligament injuries. Operative and rehabilitative options. *Phys Med Rehabil Clin N Am, 11(4)*, 895-928.
- Hasegawa S., Kobayashi M., Arai R., Tamaki A., Nakamura T. (2011). Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Electromyogr Kinesiol. Elsevier Lt, 21(4)*, 622–30.
- Jacobson I., Tegner Y. (2006). Injuries among Swedish female elite football players: a prospective population study. *Scandinavian journal of Medicine & Science in Sports, (17,1)*, 84-91.
- Jauregui I. (2015). Rehabilitación acelerada vs no-acelerada tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Trabajo de Fin de Grado en Fisioterapia*.

- Kalema R. (2012). Quadriceps and hamstring muscle EMG activity during a football match. *Department of Biology of Physical, University of Jyväskylä. Master's Thesis in Exercise Physiology, 58.*
- Lohmander L.S., Englund P.M., Dahl L.L., Roos E.M. (2007). The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J. Sports Med, 35(10), 1756–69.*
- Mangine R.E., Minning S.J., Eifert-mangine M., Gibson W.B., Colosimo A.J. (2006). Reconstruction Using Ipsilateral Patellar Tendon Autograft. *Postsurgical Orthopedic Sports Rehabilitation: Knee and Shoulder. Second Edi. Elsevier Inc., 159–74.*
- Manske R.C., Prohaska D. (2006). Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Hamstring – Gracilis Tendon Autograft. *Postsurgical Orthopedic Sports Rehabilitation: Knee and Shoulder. Second Edi. Elsevier Inc., 189–206.*
- Márquez Arabia, J.J., Márquez Arabia, W.H. (2009). Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla latreia. *Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, (22), 256-271.*
- Méndez J. (2014). Propuesta de prevención y readaptación de las lesiones más comunes en fútbol. [Tabla]. *Trabajo de fin de grado.*
- Morales Trevizo C., Paz García M., Leal Berumen I., Leal Contreras C., Berumen Nafarrete E. (2013). Plastia de ligamento cruzado anterior con técnica de U-Dos. *Acta Ortopédica Mexicana, 27(3), 142-148.*
- Noyes F., Barber S., Mangine R. (1991). Abnormal lower limb symmetry determined by function hop test after anterior cruciate ligament ruptura. *The American Journal of Sport Medicine, 19 (5).*
- Ocampo A.F. y Granada H.Y., (2011). Factores de riesgo neuromusculares para lesión de rodilla en el equipo femenino de baloncesto en la universidad tecnológica de Pereira. *Tesis de Grado.*

- O'Connor, F. G., Sallis, R. E., Wilder, R. P., & Patrick, S. P. (2004). *Sports Medicine (just the facts): McGraw Hill*.
- Parkkari J., Pasanen K., Mattila V.M., Kannus P., Rimpelä A. (2008). The risk for a cruciate ligament injury of the knee in adolescents and young adults: a population-based cohort study of 46 500 people with a 9 year follow-up. *Br J Sports Med. BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine*, 42 (6), 422–6.
- Prodromos C.C., Han Y., Rogowski J., Joyce B., Shi K. (2007). A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury–reduction regimen. *Arthrosc J. Arthrosc Relat Surg. Elsevier*, 23 (12), 1320–5.
- Ramos Álvarez, J.J.; López-Silvarrey F.J.; Segovia Martínez, J.C.; Martínez Melen, H.; Legido Arce, J.C. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 8 (29), 62-92.
- Ramos, J., López-Silvarrey, F., Segovia, J., Martínez, H., & Legido, J. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 8, 62–92.
- Schünke Schulte, E., Schumacher, U., y Wesker, K. M. (2010). Miembro inferior. Huesos ligamentos y articulaciones. *Prometheus: Texto y Atlas de Anatomía. Madrid: Editorial Médica Panamericana; p. 434–47*.
- Shelbourne K.D., Nitz P. (1990). Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 18(3), 292-299.
- Traumatología SSE de CO. (2010). Músculos, tendones y ligamentos. Estructura y patología. *Manual de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 87–92*.

Yanguas J., Til L. y Cortés de Olano C. (2011). Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio Epidemiológico de tres temporadas. *Apunts medicina de l'esport*, 46 (171), 137-143.

Wilk K.E., Macrina L.C., Cain E.L., Dugas J.R., Andrews J.R. (2012). Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 42(3), 153-171.

PÁGINAS WEBS

Berná J.A. Pie y ciclismo. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017:

<https://clinicarecovery.wordpress.com/2015/02/23/prevencion-de-lesiones-de-rodilla-en-mujeres/>

Deltell C. Prevención de riesgos disfrutables 5: La rodilla, las patologías más frecuentes. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017:

<http://www.trickon.com/bmx/articulo/prevencion-de-riesgos-disfrutables-5-la-rodilla-las-patologias-mas-frecuentes>

Depositphotos. Fisioterapeuta examinando el ángulo de la rodilla con goniómetro. [Ilustración]. Consultado el 25 de mayo de 2017:

<https://sp.depositphotos.com/33436269/stock-photo-physiotherapist-examining-knee-angle-with.html>

Dr. Vaquero J. Ligamento cruzado anterior. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <http://www.drvaquero.com/ligamento-cruzado-anterior/>

Fisioterapia. Lesiones del ligamento cruzado (Lesión deportiva). [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <http://clinicabernaldez.com/rotura-del-ligamento-cruzado-anterior-ligamentoplastia/>

Game Ready. Sistema Game Ready. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <http://www.gameready.com/spanish>

- González J.A. Prevención de lesiones de rodilla en mujeres. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <https://clinicarecovery.wordpress.com/2015/02/23/prevencion-de-lesiones-de-rodilla-en-mujeres/>
- La Manga Club. Prueba Valoración isocinética de la fuerza: Centro de Alto Rendimiento de La Manga Club. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <https://www.youtube.com/watch?v=URyVh-uPaOA>
- Medical center SPORTMe. Rotura del ligamento cruzado anterior. [Ilustración]. Consultado del 21 de mayo de 2017: <http://clinicabernaldez.com/rotura-del-ligamento-cruzado-anterior-ligamentoplastia/>
- MPI. Products from Lafayette Instrument. [Ilustración]. Consultado el 25 de mayo de 2017: <http://www.dothanmobility.com/s/search/products/brand/Lafayette%20Instrument/>
- Praxisdienst. Medidor Lactato << Lactate Por 2>>. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <https://www.praxisdienst.es/es/Medica/Laboratorio/Dispositivos+laboratorio/Analizadores+de+lactato/Medidor+Lactato+Lactate+Pro+2.html>
- Teyder. Ortesis técnicas por extremidad. Rodilla. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: <http://www.teyder.com/productos/ortesis-tecnicas-por-extremidad/ortesis-de-rodilla/>
- Villa J.G. y García J. Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. [Ilustración]. Consultado el 21 de mayo de 2017: https://www.researchgate.net/publication/301960181_Tests_de_salto_vertical_I_Aspectos_funcionales
- Wikideporte. Escala de Borg. (2014). [Ilustración]. Consultado el 26 de mayo de 2017: http://wikideporte.com/wiki/Escala_de_Borg_

ANEXOS

EJERCICIOS EN CAMILLA PARA LA HIPERTROFIA MUSCULAR

FORTALECIMIENTO DEL CUADRICEPS Y PSOAS

Con la ayuda de la electroestimulación y un peso ajustado al tobillo, se realizarán movimientos con la pierna extendida arriba y abajo.



FORTALECIMIENTO DEL CUADRICEPS Y PSOAS

Con la ayuda de la electroestimulación y un peso ajustado al tobillo, se realizarán movimientos con la pierna extendida, dibujando una T, esto es, primero pierna arriba y después izquierda y derecha, para volver a bajar la pierna hasta la camilla



**FORTALECIMIENTO
DEL CUADRICEPS,
ADUCTORES Y
PSOAS**

Con la ayuda de la electroestimulación y un peso ajustado al tobillo, se realizarán movimientos con la pierna extendida dibujando pequeños círculos y a velocidad rápida manteniendo la pierna arriba.



**FORTALECIMIENTO
DEL CUADRICEPS,
ADUCTORES Y
PSOAS**

Con la ayuda de la electroestimulación y una goma ajustada al tobillo, se realizarán movimientos con la pierna extendida arriba y abajo.



**FORTALECIMIENTO
DEL CUADRICEPS,
ADUCTORES Y
PSOAS**

Con la ayuda de la electroestimulación y un peso ajustado al tobillo, se realizarán movimientos diagonales hacia el lateral con la pierna extendida



FORTALECIMIENTO DEL CUÁDRICEPS

Con la ayuda de la electroestimulación y un peso ajustado al tobillo, se comenzará desde 90° de flexión y se acabara con la rodilla extendida



FORTALECIMIENTO DE LOS ISQUIOTIBIALES

Con la ayuda de la electroestimulación y un peso ajustado al tobillo comenzando con la pierna extendida tensaremos la goma hasta que la rodilla llegue a los 90°.



Tabla 8. Activación muscular en camilla.

EJERCICIOS DE MOVILIDAD DE ROM

RECUPERAR Y
MANTENER LA
EXTENSIÓN
COMPLETA

Con el uso de cojín,
toalla, fitball....
Colocarlo en los
talones y hacer fuerza
hacia abajo



RECUPERAR Y
MANTENER LA
EXTENSIÓN
COMPLETA

Colocando los talones
en la pared, contraer
los cuádriceps para
poder extender la
rodilla



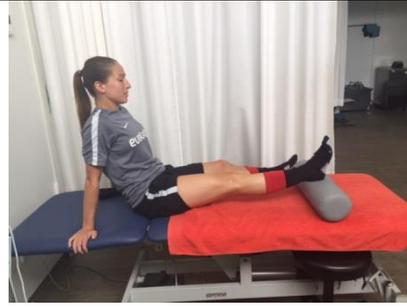
RECUPERAR Y
MANTENER LA
EXTENSIÓN
COMPLETA

Tumbado boca abajo
y con las piernas
fuera de la camilla,
intentaremos forzar la
extensión con la
ayuda de la otra
pierna o con la ayuda
de pesos que estarán
ajustados al tobillo.



GANANCIA DE LA FLEXIÓN

Con la ayuda de un cojín rodante, balón o fitball, haremos el movimiento completo de la flexión de rodilla. Comenzaremos con la pierna extendida y únicamente apoyando el talón, intentaremos rodarlo hacia nosotros, ganando flexión.



GANANCIA DE LA FLEXIÓN

Colocando los talones en la pared y en ningún momento separándolos, llevaremos el pie hacia abajo, trabajando y formando la flexión



GANANCIA DE LA FLEXIÓN

Sentado en la camilla con las piernas colgadas, y con la ayuda de la otra pierna intentaremos llevar la pierna afectada hacia atrás forzando la flexión

Tabla 9. Movilidad de ROM.

PATRÓN DE LA MARCHA

Enfocarse en la extensión de rodilla, para ello, insistir en que el pie entre primero con el talón y luego punta. Al tener todo el peso en la pierna afectada, contraer los cuádriceps y sacar cadera para mantener y ganar extensión.

Todos estos ejercicios los haremos delante de un espejo para que el jugador se pueda ver a sí mismo.



Llevar las rodillas arriba en flexión con el movimiento de skipping. Incidencia en talón-punta y comienzo de braceo.



En este ejercicio seguiremos incidiendo en el braceo y en el talón-punta, pero esta vez ganaremos movimiento de flexión llevando el talón al culo activando el isquiotibial.



Teniendo en cuenta los tres ejercicios anteriores, intentaremos pasar los conos sin tirarlos.

Primero con las dos piernas intercalándolos, después incidir únicamente en la pierna afectada. Nos ayudaremos de una goma elástica, ajustada al tobillo, la cual nos ayudará en la flexión de rodilla



Esta vez, los conos los pasaremos de manera lateral, primeramente, con la pierna no afectada por delante y después con la pierna lesionada por delante.

Para dificultar el ejercicio la longitud del paso ira alternándose de manera progresiva. Primero de paso corto a largo y después de paso largo a corto

Para acabar repetiremos el ejercicio anterior, pero esta vez en algunos de los conos meteremos superficies inestables para mantener la estabilidad



Tabla 10. Normalización del patrón de la marcha.

OBJ: MEJORA FUERZA CORE (2X7REP/6-8'') ANTIEXTENSION

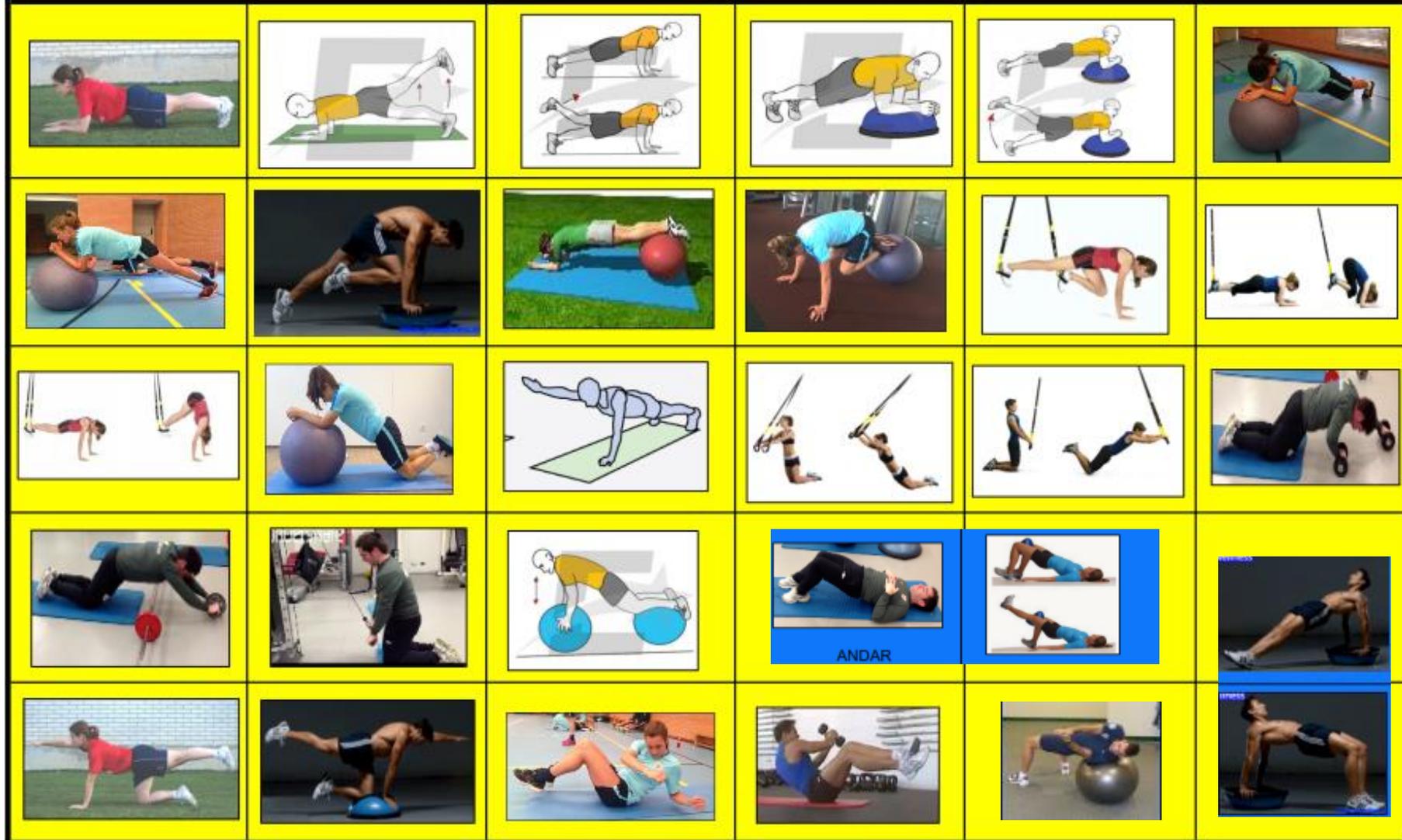


Tabla 11. Ejercicios de CORE (Díaz, 2016).

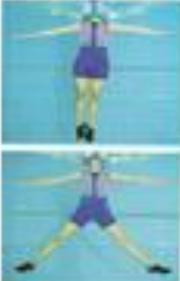
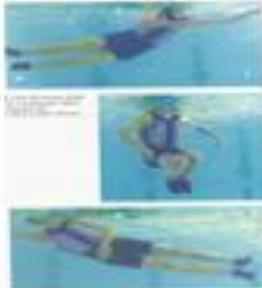
FECHA: 22/06/201		READAPTACIÓN ACUÁTICA				NOMBRE: AINHOA ALVAREZ			
GRAFICO	EJERCICIO	SER.	REP.	PESO	GRAFICO	EJERCICIO	SER.	REP.	PESO
	Flexión- extensión de pierna CIRCULOS	2	12			Girar	2	12	
	Abducción- Adducción de pierna	2	12			Enrollamiento Frontal	2	12	
						Enrollamiento Lateral	2	12	

Tabla 12. Ejercicios de piscina (Díaz, 2016).

GRAFICO	EJERCICIO	SER.	REP.	PESO	GRAFICO	EJERCICIO	SER.	REP.	PESO
	PASO DE CARRERA	4	1			MARCHA	4	1	
	PASO DE ASTERIX	4	1			PASO DE SALTO	4	1	
	PASO ALARGADO	4	1						

Tabla 13. Ejercicios de piscina (Díaz, 2016).

OBJ: FUERZA+CAMPO				NOMBRE	AINHOA ALVAREZ	
1						
CADENA DE CHUT	ADDUCTOR CON POLEA	Sentadillas con goma + RE	Abduccion cadera. Desde 35°	Flexion cadera. Palanca larga	Extension cadera. Palanca larga	Extension cadera+ RE. Palanca larga
2X10 REP	2X10 REP POR PIERNA	2X10 REP	2X10XPIERNA	2X10XPIERNA	2X10XPIERNA	2X10XPIERNA
1	2	2	1	2	1	1
						
ELEVAR Y DESCENDER PELVIS	ISQUIO SLIDE BIPODAL: CONC RAPIDA+EXC LENTA PELVIS ARRIBA	ACERCAR Y ALEJAR DEL GLUTEO CON DOS PIERNAS	SQUAFRONTAL CON GOMA. BAJADA LENTA+SUBIDA RAPIDA CON PESA	SQUA LATERALES. BAJADA LENTA+SUBIDA RAPIDA CON PESA	EXTENSORES+ ROTADORES. CON PELVIS ARRIBA	
2X6 POR PIERNA	2X6 POR PIERNA	2X8 REP	2X8 REP	2X8 REP	2X8 REP	CADENA ANTERIOR 20'
3	4	1	1	2	2	2
						
GLUTEO	ISQUIOS	CON GOMA HACIA VALGO. BAJO LENTO+SUBIR RAPIDO	CON GOMA HACIA VALGO. BAJO LENTO+SUBIR RAPIDO	Gluteos + extensores y flexores de columna	DESCENSOS LENTOS + SUBIDAS RAPIDAS	
2X4 REP	6X6 REP 2:2+2:D+2:I	2X10 REP POR PIERNA	2X10 REP POR PIERNA	2X4 REP POR PIERNA	2X6 REP	CADENA POSTERIOR 20'

Tabla 14. Sesión de fuerza (Díaz, 2016).