



“Ejercicios en Cadena Cinética Cerrada y Abierta en la Reconstrucción del Ligamento Cruzado anterior en Lesiones deportivas”

Tutor: Lic. Carlos Leoni

Alumno: Bozzetti Maria Victoria

Especialidad en Kinesiología Deportiva

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud

Marzo 2021

Índice	
Introducción	3
Justificación	3
Planteamiento del problema	3
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
Capítulo 1. Marco Teórico	6
1.1. Biomecánica del LCA y técnicas quirúrgicas	6
1.1.a. Descripción Biomecánica del ligamento cruzado anterior	8
1.1.b. Anatomía artroscópica dinámica	9
1.1.c. Diferentes métodos de reconstrucción	11
1.2. Análisis de las cadenas cinética y cinemáticas	16
Cadena Cinética Abierta	18
Cadena Cinética Cerrada	20
1.2. Biomecánica de la Cadena Cinética Abierta y Cerrada	22
Ventajas y desventajas de la cadena cinética abierta y cerrada	24
Capítulo 2. Apartado Metodológico	26
2.1. Estrategia cualitativa	26
2.2. Diseño y alcance	26
2.3. Fuentes de datos y construcción de la muestra	27
2.4. Validez y saturación	28
Capítulo 3. Análisis e Interpretación de Estudios	29
3.1. Discusiones en torno a la efectividad de CCA y CCC	30
3.2. El tratamiento de LCA mediante ejercicios de CCA y CCC en lesiones deportivas	39
Conclusión	49
Bibliografía	51

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo conocer los debates actuales entre la efectividad de ejercicios en Cadena Cinética Abierta y Cerrada en la Reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior en lesiones deportivas. Se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos académicos, libros, y diferentes tipos de publicaciones científicas en español, inglés y portugués. Se utilizaron las bases de datos de Pubmed, Josp, Scielo, Dialnet, Redalyc y entre otras. Las palabras claves para las búsquedas fueron: ligamento cruzado anterior, reconstrucción del LCA, ejercicios de cadena cinética abierta y ejercicios de cadena cinética cerrada.

La hipótesis que guió este estudio fue que en la actualidad no hay un consenso médico y académico que permita afirmar qué tipo de ejercicio es más beneficioso, si el ejercicio en Cadena Cinética Abierta, Cerrada o la combinación de ambos. El objetivo general fue explorar los debates teóricos que indagaban la efectividad de los ejercicios mencionados en las lesiones deportivas desde la década del 90 hasta la actualidad. Los objetivos específicos fueron, en primer lugar, describir la forma del LCA y su mecanismo de lesión, luego, los tratamientos con ejercicios en CCA y CCC y finalmente, establecer similitudes y diferencias entre los diferentes tipos de tratamiento.

La revisión permite afirmar que no se puede determinar ventajas o desventajas en el uso de ejercicios de Cadena Cinética Abierta y Cadena Cinética Cerrada, ya que los estudios no son concluyentes en la materia. Por el contrario, se registró una necesidad de mejorar y adecuar protocolos de prevención dado el alto grado de prevalencia de esta lesión en deportistas.

Palabras claves: Lesión Ligamento Cruzado Anterior - Cadena Cinética Abierta - Cadena Cinética Cerrada - Actividad Deportiva - Rehabilitación – Reconstrucción

Introducción

El presente trabajo de investigación se constituye como una discusión teórica entre diferentes perspectivas sobre la eficacia de los ejercicios de Cadena Cinética Abierta (en adelante CCA), Cadena Cinética Cerrada en adelante (CCC) y la combinación de ambos, para la rehabilitación posteriores a la intervención quirúrgica en los casos de lesiones de Ligamento Cruzado Anterior (en adelante LCA) en deportistas profesionales y amateurs.

El tema seleccionado permite la construcción de un estado del arte que recupera los debates pasados y actuales, así como las perspectivas futuras. Permite una puesta en conocimiento de un tópico de vigencia cuyas visiones aún se encuentran en discusión.

Para la construcción del análisis se llevó a cabo una revisión de 42 artículos, de diferentes lugares del mundo, en los que se da cuenta de las diferentes formas de tratamiento de las lesiones de LCA mediante ejercicios de CCA, CCC y combinados, tanto en individuos como en deportistas.

Justificación

La relevancia del problema elegido radica en que las lesiones de LCA se mantienen de modo sostenido, y a pesar de la implementación de protocolos de prevención, aún se considera una de las principales preocupaciones en las actividades deportivas. Por esta razón es fundamental entender las estrategias de rehabilitación e intentar encontrar respuestas para mejorar el abordaje de la problemática.

Planteamiento del problema

En la práctica deportiva, tanto amateur como profesional, existe una fuerte prevalencia de lesiones de rodilla, específicamente, de Ligamento Cruzado Anterior (en adelante LCA) que conlleva, no solo la necesidad de intervención quirúrgica y posterior rehabilitación, sino también, en muchas ocasiones, el abandono permanente de la actividad.

Se considera que entre el total de la población que presenta lesiones de LCA el 75% son deportistas jóvenes y activos. Asimismo, suele sucederse con más frecuencia en mujeres que practican el mismo deporte que los varones.

El tratamiento posterior a la cirugía consiste, principalmente en ejercicios denominados de Cadena Cinética Abierta (en adelante CCA) y CCC (Cadena Cinética Cerrada). El inicio del trabajo de rehabilitación no tiene un momento específico, sino que depende de cada uno de los casos y de las decisiones médicas, y también de la situación de cada paciente.

Hacia la década de 1990 comienza a tomar cada vez más interés en el ámbito profesional y académico, intentar conocer las más eficaces y rápidas formas de recuperación. Es en dicho período en el cual se inician estudios sobre tratamientos en los que se aplicaron ejercicios de CCA y CCC para detectar la incidencia de cada uno de ellos.

Objetivo general

Explorar los debates teóricos en torno a la efectividad del ejercicio de Cadena Cinética Abierta y Cerrada en la reconstrucción del Ligamento Cruzado anterior en Lesiones Deportivas desde la década de 1990 hasta la actualidad.

Objetivos específicos

1. Describir el funcionamiento de LCA y la formas en que el mismo se lesiona
2. Indagar acerca de los tratamientos de rehabilitación mediante CCA, CCC y la combinación de estos.
3. Establecer similitudes y diferencias entre los diferentes tipos de tratamientos.
4. La hipótesis que guió el estudio fue que en la actualidad no existe un consenso médico y académico que permita afirmar que la rehabilitación sea más efectiva mediante los ejercicios de CCA, CCC o la combinación de ambos.

Para poder articular el trabajo el mismo se organiza en tres capítulos. El primero, se constituye como *Marco Teórico*, en el cual se aborda la *Biomecánica del LCA y técnicas quirúrgicas* lleva a cabo una descripción del área de la rodilla, su funcionamiento y las intervenciones médicas en las lesiones. Posteriormente se efectúa el *Análisis de las cadenas cinéticas y cinemáticas* sitúa las especificidades de las diferentes técnicas.

El capítulo dos, da cuenta del *Abordaje Metodológico* que se utilizó para la construcción del trabajo. El tercer capítulo, titulado *Análisis e Interpretación de Estudios* se detalla casos específicos de reconstrucción que permite profundizar las diferencias y puntos

en común. Por último, se aborda *El tratamiento de LCA mediante ejercicios de CCA y CCC en lesiones deportivas*, en que se lleva a cabo un proceso de revisión, comparación y análisis de los tratamientos en diferentes disciplinas deportivas, dando cuenta de los resultados obtenidos.

Capítulo 1. Marco Teórico

1.1. Biomecánica del LCA y técnicas quirúrgicas

El ligamento cruzado anterior está considerado como uno de los principales estabilizadores de la rodilla, su función está vinculada al mantenimiento de la articulación en el lugar correspondiente, evitando un desplazamiento hacia adelante. Es frecuente la aparición de lesiones en esta zona, el 75% de los pacientes las sufren por actividades deportivas y, solo el 25%, son el resultado de algún trauma (Pivas, s.f).

Un estudio publicado en el año 2018 recopiló el resultado de diferentes investigaciones que dan cuenta de las razones más frecuentes de rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) en deportistas, y detectó que las mismas se producen principalmente en tareas de “aterrizaje” y de cambios de dirección, como por ejemplo en el fútbol, voleibol y fútbol americano. Se menciona el caso de una investigación sobre las formas de lesión en el netball femenino de alto rendimiento, el cual da cuenta que más del 80% de las lesiones, se produjeron en acciones de aterrizaje (Alves Lopes, Simic, Myer, Ford, Hewett & Pappas, 2018).

Otro de los factores a tener en cuenta es que las lesiones de LCA son mayormente frecuentes en edades jóvenes, si se lo compara con otros grupos, ya que es en esta población en la cual se registra un mayor índice de actividad deportiva. Su incidencia anual es de prácticamente de 96 por cada 100 mil personas. Es importante destacar que solo el 55% de los deportistas recuperan niveles de alta competencia durante el primer año posterior a producida la lesión.

La investigación da cuenta de cuatro teorías que caracterizan el riesgo de sufrir LCA en la práctica deportiva. En primer la Teoría del Dominio del Ligamento, que indican que los atletas con mayor grado de exposición son quienes aterrizan de un solo salto, “con la rodilla en posición de valgo y el fémur en aducción y rotación interna”, lo que conlleva una carga particular y excesiva en los ligamentos de la rodilla. En segundo lugar proponen la Teoría del Dominio del Cuádriceps, la que se sucede en los casos en que se lleva la rodilla en una postura extendida y con una activación excesiva del cuádriceps, con relación a los isquiotibiales, esto produce un esfuerzo cortante anterior en la tibia. En tercer lugar, mencionan la Teoría del Dominio del Tronco, en la cual lo que se produce es una deficiencia

en el control del tronco. Finalmente, la Teoría del Dominio de la Pierna, explica que se produce cuando se registran importantes asimetrías entre una pierna y la otra.

A partir de analizar videos que muestra lesiones de LCA los autores validan las cuatro teorías, dado que los estudios indican un exceso del valgo de rodilla, lo que se vincula al dominio de los ligamentos; una disminución en el ángulo de flexión de la rodilla, propio del dominio de los cuádriceps; el desplazamiento lateral excesivo del tronco, tal como se mencionó, dominio del tronco; y, dominio de la pierna, en los casos de la distribución asimétrica corporal entre las piernas.

En función del análisis de los ejercicios que se ponen en práctica en los Programas de Prevención de Lesiones se observa que se podría mejorar la biomecánica de aterrizaje mediante el aumento de los ángulos máximos de flexión de rodilla y cadera, asimismo el momento pico de la abducción de la rodilla se redujo. Esto da cuenta que los Programas de Prevención de Lesiones inciden en una estrategia de movimiento deseada para colaborar con los atletas en la superación de las cargas peligrosas que emergen por la falta del control adecuado del plano frontal durante las acciones dinámicas. Sin embargo, los investigadores destacan que los Programas de Prevención de Lesiones pueden optimizarse aún más, dado que faltan hallazgos para algunas variables biomecánicas, ante lo cual se sugiere poner en práctica un PPL personalizado y específico de la tarea (Alves Lopes et al., 2018).

En la misma línea, el “Manual del Médico de Equipo” menciona una investigación realizada mediante el seguimiento durante a siete años a futbolistas argentinos que se desempeñaban en la primera división. El resultado arrojó que el 70% presentó una rotura aislada y el 30%, una vinculada a otras estructuras ligamentarias lesionadas. También destaca que se identificaron 216 lesiones de LCA por cada 1000 horas de juego (Paus & Graieb, 2015).

La revisión de los estudios mencionados confirma la que el LCA es es un importante estabilizador de rodilla, por lo cual, es recomendable que se continúen desarrollando diferentes programas de prevención de lesiones con protocolos específicos para cada individuo. Es fundamental orientar los objetivos para el mejoramiento de la biomecánica de la rodilla, ya que, se continúa observando una mayor incidencia en jóvenes activos principalmente deportistas durante el aterrizaje en los diferentes deportes de contacto.

1.1.a. Descripción Biomecánica del ligamento cruzado anterior

Un artículo escrito por Sanchis Alfonso y Gomar Sancho en el año 1992 desarrolla una breve historia de la descripción del ligamento cruzado anterior (LCA) siendo el primero en identificarlo Galeno. Luego en el año 1850 Stark hace mención a la primer rotura de este ligamento. En el año 1917, Hey- Groves realiza la primera reconstrucción intraarticular del LCA.

Siguiendo a los autores:

El LCA es una estructura intraarticular y extrasinovial, situada en la escotadura intercondílea de la rodilla, que discurre oblicuamente, desde su inserción a nivel de la región anteromedial del platillo tibial, hacia atrás, arriba y afuera, hasta la porción medial del cóndilo femoral lateral (bien posterior y arriba, cerca de la superficie articular) (p. 33)

EL LCA tiene un orden helicoidal, con múltiples fascículos. Su tensión varía a lo largo de todo el arco de movimiento de la rodilla, esto se debe a que cada fibra no es paralela, ni tiene la misma longitud. Es importante destacar que el LCA es “cordonal” lo que implica que, tras sufrir una rotura completa, el mismo se retrae y el tratamiento adecuado es la cirugía.

La revisión realizada por los autores les permite concluir que no en todos los casos es posible afirmar la existencia de dos fascículos que presente una acentuada diferencia anatómica, sin embargo, se constata la existencia de dos porciones diferentes en lo que se refiere a lo funcional.

Durante la extensión el LCA choca contra el techo de la escotadura intercondílea lo cual limita una mayor extensión. A medida que vamos incrementando los grados de flexión de la rodilla los dos fascículos se enrollan rotando las fibras posterolaterales por debajo de las anteromediales. El ligamento pierde su forma de abanico, que presenta con la extensión de la rodilla, y va asumiendo una forma de cordón redondo y enrollado. Van Dick demostró que las fibras del LCA no son paralelas en la extensión, sino que presentan una torsión externa de 46°. Cuando la rodilla se flexiona a 90° el ángulo de torsión se incrementa a 105°, lo que pone de manifiesto ese enrollamiento progresivo que el ligamento sufre con la flexión de la rodilla (p. 36).

Si bien algunos autores concuerdan que la disposición del LCA hará que su tensión sufra variaciones a lo largo de todo el arco de movimiento de la rodilla, otros afirman que no siempre se observan dos fascículos anatómicamente bien diferenciados. Al considerar como funcional el movimiento al flexionar la rodilla abandonará su aspecto de abanico para adoptar una forma cordonal, que obligará a una cirugía tras su ruptura, dado la retracción que sufre sus extremos.

1.1.b. Anatomía artroscópica dinámica

Siguiendo a los autores, existe una directa relación entre el movimiento de la rodilla y la tensión del ligamento, por lo tanto, en una contracción del cuádriceps contra resistencia con la rodilla entre 0° y 45° este aumenta notablemente. Esto cobra especial relevancia en cuanto a la rehabilitación posquirúrgica de LCA en función del cuidado del injerto, ya que cualquier contracción del cuádriceps con la rodilla a 45° de flexión o menos tensará el injerto.

Los estudios de Girgis y colaboradores, demostraron que, la porción anteromedial está tensa en flexión, mientras que la posterolateral está tensa en extensión. Por su parte Furman y colaboradores llevaron a cabo un estudio funcional del LCA tomando como muestra 40 rodillas de cadáver fresco humano para evaluar la forma en que se desempeñaba cada fascículo en diferentes grados de movimiento, es decir, en extensión, a 45° y a 90° de flexión, y también observar la resistencia a la rotación e hiperextensión de la rodilla.

Los principales resultados del artículo se agrupan, en primer lugar, en el fascículo posterolateral, en el cual el signo del cajón anterior es positivo con la rodilla en extensión (Maniobra de Lachman positiva) y negativo con la rodilla en flexión (Cajón anterior negativo). Dado que en flexión está tenso el fascículo anteromedial, el mismo es la principal barrera para el desplazamiento anterior de la tibia respecto del fémur. En segundo lugar indican que para el fascículo anteromedial, el posterolateral intacto se tensa indicando que es una barrera de segundo orden para el signo de cajón anterior durante la flexión.

Cuando se secciona por completo se observa que el signo de cajón anterior es positivo en todas las posiciones y conduce a una inestabilidad rotacional evidente. Asimismo, la sección aislada de los fascículos no provoca inestabilidad rotacional detectable clínicamente, pero el LCA es un primer estabilizador contra la inestabilidad rotatoria anterolateral. También destacan que los dos fascículos se tensan al máximo con la rodilla en extensión y rotación interna.

Durante la extensión de la rodilla se tensa al máximo el fascículo posterolateral, por lo tanto, la hiperextensión, más rotación interna, es causa de rotura aislada del LCA. Este tipo de rotura también se produce en el movimiento de hiperextensión aislada (chut al vacío). La rotura del LCA incrementa la hiperextensión de la rodilla, dado que el fascículo posterolateral es la primera barrera, más aún que el anterolateral, para evitar dicho movimiento. Por su parte, las roturas parciales, se fundamentan en el hecho de que algunas fibras se tensan o se relajan durante el movimiento de flexoextensión, esto surge cuando solo es positivo uno de los dos signos.

En función de lo planteado por los autores, se puede concluir que el LCA, evita la traslación anterior de la tibia con relación al fémur, la hiperextensión y, de este modo, evita la excesiva rotación interna. Este efecto de barrera carece de la misma intensidad en todo el arco del movimiento, es así que la traslación anterior de la tibia con relación al fémur, es mayor cuando se aproxima a los 30° de flexión. El menisco interno también actúa de barrera en la traslación anterior de la tibia respecto del fémur, cuando se secciona completamente el LCA. Por lo tanto, existe una alta incidencia de lesiones meniscales mediales en las rodillas por deficiencias en el LCA.

Siguiendo a Forriol, Maestro y Vaquero Martín (2008) Beynnon (1998) indica que:

Se pudieron evidenciar, que en sujetos sanos con la rodilla entre 10° y 20° de flexión, y un peso de 5Kg colgado de la pierna, la deformación del LCA es mucho mayor que cuando se realiza el mismo movimiento activo y sin soportar peso. Destacaron también que entre 15° y 30° de flexión con contracción isométrica del cuádriceps la deformación del LCA es notablemente superior que la rodilla entre 60° y 90° de flexión, sin mostrar diferencias con respecto a la movilidad con el músculo relajado (p.7).

Si bien se observa que todos los autores concuerdan en que la tensión del ligamento es diferente durante la flexión y la extensión de la rodilla, algunos afirman que el injerto se tensara a 45° de flexión con contracción de cuádriceps, mientras que otros, establecen que la deformación será mayor entre 15 y 30° de flexión y entre 10° y 20° de flexión soportando un peso de 5kg. Asimismo, existen aquellos que especifican la tensión de acuerdo a la porción, dando lugar a las rupturas parciales, estableciendo que la anteromedial se tensará en flexión, mientras la posterolateral lo hará en extensión. Por su parte, se pueden encontrar estudios que lo relacionarán con maniobras semiológicas y agregan que los dos fascículos se tensan al

máximo con la rodilla en extensión y rotación interna. El menisco también tiene un rol preponderante en evitar la traslación anterior de la tibia, es por eso que existe alta frecuencia de lesiones de menisco interno en aquellas rodillas con lesión de LCA.

1.1.c. Diferentes métodos de reconstrucción

La reconstrucción del LCA suele recomendarse principalmente para los pacientes jóvenes que desean retomar su nivel de vida activo, e incluso deportivo, para lo cual se toma como referencia la cantidad de horas deportivas en el curso de un año.

En la actualidad los injertos mayormente utilizados son los del tipo autólogos biológicos, esto obedece a que tienen propiedades estructurales similares o mejores que el LCA. Los mismos provienen de la “pata de ganso” y el tendón rotuliano, siendo el primero más difundido por presentar menor morbilidad en la zona de toma de injerto y de reparación. Ayala Mejías, García-Estrada & Alcocer Pérez-España (2015) plantean que:

En la actualidad se tiende a realizar plastias intraarticulares, con diferentes tipos de injerto y diferentes sistemas de fijación, reproduciendo los puntos de referencia anatómicos y el recorrido intraarticular del LCA original a nivel femoral, en región posterior del cóndilo femoral externo, dejando 1-2 mm de cortical posterior (...) a nivel tibial, en la porción más posterior de la huella del LCA, a nivel del borde posterior del cuerno anterior del menisco externo y levemente anterior al LCP, quedando el borde anterior del túnel tibial posterior a la línea de Blumensaat en la radiografía lateral con la rodilla en extensión (p.5).

Siguiendo a los autores es importante llevar a cabo la reparación en un mismo procedimiento quirúrgico, en función de sus buenos resultados, ya que es de suma importancia preservar los meniscos, por la estabilidad articular y la prevención del deterioro articular. Por lo cual se deberá suturar los mismos cuando se asocian a lesión del LCA, o incluso cuando se reparen de forma aislada. En la misma línea, con el fin de que el injerto sea considerado apto, deberá: permitir una fijación rígida y resistente, y a su vez tiene que ser resistente a las diferentes cargas cíclicas, no tendrá movimiento dentro del túnel y se integrará rápidamente.

El injerto con el tendón rotuliano fue el mayormente utilizado debido a que proporcionó una resistencia 168% superior al normal, sin embargo, también puede llegar a

producir dolor en la parte anterior de la rodilla donante. La plastia con los tendones de Semitendinoso Recto Interno se está empleando de modo cada vez más frecuente, así como la realizada con el tendón Cuadricipital, dado que brinda una importante resistencia con menor morbilidad que otros injertos y buenos resultados clínicos. Asimismo, se podrían utilizar aloinjertos y emplear el tendón rotuliano con dos pastillas óseas en los extremos, el tendón de Aquiles y actualmente también se emplea con menor frecuencia tendones largos como el del tibial anterior y posterior y los peroneos, por tener un buen tamaño y resistencia (Ayala Mejías, García-Estrada & Alcocer Pérez-España, 2015).

Los investigadores Corinaldesi, Costa Paz & Musculo, publicaron en el año 2013 el resultado de la evaluación llevada a cabo durante 22 años a un paciente sometido a este procedimiento quirúrgico. Como resultado mencionan que las ventajas de practicar un autoinjerto del tipo hueso-tendón-hueso son, un mayor nivel de estabilidad y un mejor balance entre las fuerzas musculares cuádriceps-isquiotibiales. En este sentido, destacan que es una técnica segura, confiable y reproducible.

En la misma línea, otro estudio da cuenta que el autoinjerto es la mejor opción para pacientes jóvenes y activos, por otro lado, los aloinjertos son más beneficiosos para personas menos activas, ya que presentan menos nivel de dolor postoperatorio secundario a la extracción de un tendón durante la cirugía. No obstante, es importante considerar, que existe evidencia que indica que es más frecuente la falla mediante el proceso de aloinjerto en pacientes jóvenes activos, en aquellos casos en los que se lleva a cabo una tardía incorporación del injerto en el túnel (Henseler, Van Eck, Fu, & Irrgang, 2012).

Siguiendo a los autores, es importante destacar que la falla funcional del injerto presenta una tasa de entre el 0 y el 27,3%, siendo la principal causa la mala la mala posición del túnel ya sea colocando el injerto demasiado vertical o el túnel tibial demasiado anterior. Otras de las causas que pueden dar lugar a fallos son son la incorporación biológica deficiente del injerto, el trauma recurrente o el regreso temprano a la actividad deportiva.

La mayoría de pacientes que presentaron falla del injerto fueron aquellos sometidos a una reconstrucción de LCA no anatómica. Los resultados obtenidos por Kato y otros (2010) demostraron que tras una reconstrucción anatómica del LCA se puede esperar una tasa más alta de falla del injerto debido a que las fuerzas que soporta son mayores en comparación con un LCA nativo, es por eso que se debería considerar la rehabilitación y regreso al deporte de modo más lento en comparación a los casos de una reconstrucción no anatómica. También

vinculan con la incorporación no anatómica del injerto, que, durante el período de rehabilitación, se detecte la incapacidad o retraso en la recuperación total del arco de movimiento.

Específicamente, con relación al tiempo que se debe respetar para retomar una actividad deportiva, este es variable, aunque, por lo general es entre 9 y 12 meses posteriores a la reconstrucción anatómica del LCA. Esa varianza responde a las preferencias del cirujano, la tolerancia de cada paciente, las características propias del deporte y los procedimientos quirúrgicos concomitantes.

La totalidad de los autores consultados acuerdan en que existen dos grandes grupos de reconstrucción del LCA. Algunos tienen preferencia por la utilización de injertos autólogos biológicos o aloinjertos, en particular, en algunos casos, el tendón rotuliano, el cual es empleado con mayor frecuencia (autólogo), ya que esta base permite mayor estabilidad y mejor balance muscular. Otros, se inclinan por el obtenido de la “pata de ganso” cada uno presenta características óptimas para tal fin.

Con menor frecuencia también han sido empleados el tibial anterior, posterior y los peroneos. Concuerdan que según sea el sistema de su elección, se deberá tener en cuenta que la fijación sea resistente incluyendo a las cargas cíclicas y que no podrá tener movimiento dentro del túnel e integrarse rápidamente. Algunos autores evalúan la selección del injerto en función del tipo de paciente, considerando si este es joven activo o su vida es más sedentaria.

Con relación a la falla del injerto se enuncian diferentes factores, como por ejemplo la actividad deportiva, la generación de un nuevo traumatismo o un regreso temprano a las actividades sin el tiempo necesario para la óptima recuperación. Desde otras perspectivas se asocia la falla con la forma de reconstrucción, considerando si la misma es anatómica o no anatómica, detectando en la primera una mayor incidencia de falla, dado que soporta fuerzas mayores al comprarse con uno sano. Independientemente del tipo de reconstrucción, sigue siendo de suma importancia respetar el tiempo prudente de retorno al deporte para evitar una reruptura.

Clasificaciones de ligamentoplastias

En la forma de llevar a cabo las ligamentoplastias Ayala Mejías, García-Estrada & Alcocer Pérez-España (2015) mencionan diferentes tipos y técnicas, que se detallan a continuación.

1. Técnica con doble incisión

Este procedimiento se llevaba a cabo de forma habitual hasta el año 1992. El mismo consiste en utilizar la técnica doble túnel independiente femoral y tibial. Para esto se diseñó una serie de guías con diferentes angulaciones para fémur y tibia, con la ventaja que cada túnel se realizaba de forma independiente y se podía efectuar el túnel femoral con más precisión, sin el condicionamiento del tibial. Posteriormente, se empezó a desarrollar con frecuencia las plastias cuádruples de “pata de ganso”. Se dejaron de fabricar las guías para el doble túnel y comenzaron a efectuarse múltiples sistemas de fijación para isquiotibiales. Sin embargo, se observó que este procedimiento elevó entre un 10 y 20% las tasas de complicaciones de LCA, lo cual implicó que se volviese a recomendar la técnica doble incisión.

Con relación a esta técnica Corinaldesi, Costa Paz & Musculo (2013) explican que, a partir del estudio llevado a cabo con 47 pacientes intervenidos mediante plástica de ligamento cruzado anterior, y tras 11 años de seguimiento, afirman que es fundamental realizar una reparación temprana del ligamento cruzado anterior dada que tiene directa relación con la prevención de lesiones en los meniscos o del cartílago articular.

2. Técnica Monotunel

En función de que la mayor parte de las series publican entre un 75 y un 90% de buenos o excelentes resultados, esta técnica está considerada por los autores como “patrón de oro” de la reparación del LCA. La selección de esta técnica está basada en la prevención del impingement o pellizcamiento del injerto contra el techo de la escotadura intercondílea y a preservar la longitud del túnel tibial. Entre las ventajas se mencionan el paralelismo de los túneles en el plano frontal, el resultado estético, menor tiempo de cirugía y resultados clínicos apropiados. Por su parte, la principal desventaja radica en que el túnel femoral no puede situarse libremente en la escotadura ya que se halla limitado por la longitud y estrechez del túnel tibial, dado que no es posible reproducir la inserción anatómica del LCA en el túnel femoral.

3. Técnica doble fascículo

Para llevar a cabo esta técnica se realizan dos túneles tibiales (anteromedial y posterolateral) y dos túneles femorales (el anteromedial más anterior y proximal y el posterolateral más posterior y distal). Esta técnica ofrece mayor estabilidad en especial, rotacional y reconstruye el LCA de forma más anatómica. Los autores afirman que “en

estudios comparativos de resultados clínicos se encuentran en general mejores resultados con la técnica de doble túnel, aunque también se han publicado trabajos en los que no se encuentran diferencias significativas entre ambas técnicas” (p. 4-5).

En la misma línea, los estudios de Henseler, Van Eck, Fu, & Irrgang (2012) afirman que esta técnica, en comparación con la monofascicular, restaura mejor la estabilidad rotacional. Mencionan el estudio de Yagi y otros (2004) demostraron que al aplicar esta técnica se logra una restauración más próxima a la normal de la cinemática de la rodilla en la rotación interna y externa de la tibia. Es importante que la evaluación de estos resultados puede estar también mayormente relacionados con una colocación más anatómica que por la técnica doble haz.

4. Técnica monofascicular anatómica

Esta técnica se desarrolló con el objeto de que la reconstrucción del LCA sea más anatómica, especialmente en su inserción femoral, colocando el túnel en una posición más central en la huella femoral, lo cual proporciona mayor estabilidad rotacional de la rodilla.

Por el contrario, Henseler, Van Eck, Fu, & Irrgang (2012), indican que esta técnica ubica al injerto en una posición no anatómica, dado que si bien, repara satisfactoriamente la traslación anteroposterior, no cumple con lo deseado con relación a la estabilidad rotacional normal. Los autores fundamentan esta afirmación mediante los estudios de Tashman y otros (2004) quienes comprobaron estos resultados en la evaluación de pacientes, al caminar y correr en una cinta, con posterioridad a la realización un estudio simultáneo de una videofluoroscopia dinámica.

En esta línea, también se afirma que esta técnica no restablece la cinemática normal de la rodilla y ésta podría ser la causa de las osteoartritis postraumáticas de la rodilla posterior a una lesión y cirugía de LCA. Por lo tanto, consideran que se deberían hacer más ensayos a largo plazo para comparar el progreso y el desarrollo de la osteoartritis postraumática luego de una cirugía de LCA con haz simple y doble y de esta manera evaluar beneficios de la reconstrucción con doble haz (Henseler, Van Eck, Fu, & Irrgang, 2012).

Se puede observar que para realizar la reconstrucción del LCA existen diferentes tipos de técnicas, cada cual brinda ventajas y desventajas y difieren en lo que respecta a la producción de los túneles. Algunos autores seleccionan una técnica porque presentan mayor estabilidad rotacional, mientras que otros, prefieren optar por prevenir impingement del injerto contra la escotadura intercondílea presentando también muy buenos resultados

clínicos. Algunos autores afirman que la doble fascículo y la monofascicular anatómica son las más anatómicas, otros sin embargo dicen lo contrario de esta última, por no brindar suficiente estabilidad rotacional.

Con relación a la fijación de las plastias, se considera que, en las actividades de la vida cotidiana, el LCA utiliza una fuerza de 500N, por lo cual, cualquier sistema de fijación que se aplique debe ser superior a dicha cifra. Siguiendo a Ayala Mejías, García-Estrada, & Alcocer Pérez-España (2015) se destaca:

- Fijación femoral

La fijación entre el tendón y el hueso representan uno de los componentes más débiles de la ligamentoplastia, especialmente en el lado femoral. Los sistemas de fijación femoral se clasifican de la siguiente manera:

1. Tornillos interferenciales: estos fijan el injerto contra las paredes del túnel y se alojan en el interior del túnel femoral. Tanto la longitud como el diámetro del tornillo interferencial mejora la resistencia de la fijación significativamente.
2. Fijación transversal: “son aquellos que soportan los tendones al final del túnel femoral donde se encuentran los tendones sin necesidad de hacer una vía de abordaje lateral para anclar el sistema” (p. 6-7).
3. Fijación cortical: “son aquellos que se apoyan en la cortical femoral y pueden colocarse haciendo una incisión femoral o a través del túnel tibial mediante técnica endoscópica exclusivamente” (p. 7).

La técnica de Fijación Tibial es la más problemática dado que la metáfisis tibial es de menor calidad ósea. El túnel tibial se puede realizar con sistemas de conservación ósea (trefinas) o de perforación (brocas). Los métodos de fijación se pueden realizar con tornillos alojados dentro del túnel, con tornillo cortical, tornillo con arandela dentada o con doble grapa para partes blandas.

1.2. Análisis de las cadenas cinética y cinemáticas

El presente capítulo analiza de forma crítica y sistemática las categorías de cadena cinética y cinemática, teniendo en cuenta la biomecánica de la Cadena Cinemática Abierta y Cerrada y las ventajas y desventajas de cada una.

En la actualidad se considera que aún continúa abierto el debate entre CCA y CCC, cuyo origen se remonta a al año 1875, cuando Reuleux en su texto “Theoretische Kinematic-Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens. Verlag Vieweg Braunschwig” plantea por primera vez las categorías de “cinético” y “cinemática” como sinónimos. En el que, en un sistema mecánico rígido, la combinación de movimientos se efectúa por la transmisión de un movimiento inicial de un elemento a otro (Martín Urrialde & Mesa Jiménez, 2007).

Siguiendo a los autores, recién en el año 1955 Steindler establece que la “cadena cinética es una combinación de varias articulaciones que constituyen una unidad mecánica”, y diferencia la cadena cinética abierta de la cerrada, dado que en la primera el extremo distal se encuentra libre y en la cerrada, dicho extremo está sujeto a la acción de una resistencia externa. Luego el año 1977, el citado autor, agrega 3 posibilidades a la resistencia externa:

“1. La resistencia es vencida por la acción muscular y comprime las articulaciones suprayacentes, mientras el segmento mecánico se mueve. 2. La resistencia no puede ser vencida, y el segmento superior se moviliza sobre el inferior y 3. La fuerza muscular desarrollada no consigue vencer la resistencia, ni en la zona proximal ni en la zona distal, y no se produce ningún movimiento” (p. 205).

Anteriormente, en el año 1944 Dillmann optaba por no diferenciar en CCC o CCA y ofrece dos opciones de trabajo; una con carga externa fija como las sentadillas y otra con carga externa variable como el de prensas. Recientemente, en el año 2000 Augustsson, plantea según estén involucradas una o varias articulaciones, los términos de movimiento articular simple o complejo (Martín Urrialde & Mesa Jiménez, 2007).

En la actualidad es importante destacar que, a pesar de que usualmente se consideran sinónimos los conceptos de Cadena Cinética y Cadena Cinemática, existen diferencias en materia de rehabilitación. La diferencia principal radica en que la Cinética analiza las fuerzas causales. La Cadena Cinemática hace referencia a la descripción del movimiento, pero no contempla las fuerzas que lo generan. Por su parte, la Cadena Cinética también es un concepto biomecánico, pero analiza la fuerza que produce movimiento y equilibrio.

Duarte de Lima Moser, França Malucelli & Novaes Bueno (2010) recuperan a Davis, quien afirma que:

En una cadena cinética cada segmento que se mueve transmite fuerzas a todos los demás segmentos, afectando el movimiento de estos segmentos, y su movimiento está influenciado por las fuerzas transmitidas por otros segmentos, y esto es llamado interdependencia, dentro de la mecánica (p. 643).

Por su parte, según Pablo Daniel Bordoli, en su libro “Manual para el Análisis de los Movimientos” define la Cadena Cinemática o mejor llamada Cadena Biocinemática: “es la unidad dinámica funcional del sistema: segmento motor compuesto por sucesivas cadenas óseas y las correspondientes unidades mecánicas, cuyo objetivo fundamental es la traslación de ese segmento motor en el espacio” (p.44)

Asimismo, el texto “Técnicas de Rehabilitación en la Medicina Deportiva” de William Prentice establece que la Cadena Cinética es un sistema de unión y esta definición remite al uso dado por los ingenieros mecánicos, en los comienzos del uso del término. El mismo se refiere a que son las articulaciones que conectan una serie de segmentos rígidos. Con respecto a la Cadena Cinemática la describe “como un conjunto de enlaces y articulaciones interconectados de una manera que promueve un movimiento controlado en respuesta a un movimiento provisto como un estímulo”.

Llevar a cabo un análisis de los ejercicios dentro de un protocolo de rehabilitación permite evaluar determinados factores; si el mismo deberá realizarse en cadena abierta o cerrada, conocer la forma en que se debe trabajar cada grupo muscular y cuál es el criterio para el uso correcto de cada uno.

Cadena Cinética Abierta

Al analizar las diferentes definiciones respecto de la Cadena Cinética Abierta (CCA), se observa que un gran número de autores hace hincapié en el último eslabón de la cadena, el cual es libre de moverse en el espacio.

En el texto de Duarte de Lima Moser, França Malucelli, & Novaes Bueno (2010) se mencionan las perspectivas planteadas por Fitzgerald GK (1997) - Bynum B (1995) - Yack J (1993) - Hening CE (1985) - Cohen ZA vinculan la CCA con el peso corporal y coinciden en que el mismo no tiene intervención y que el movimiento se produce en una sola articulación agregando una resistencia al segmento distal. Asimismo, Palmitieri AR (1994)

los denomina como “ejercicios aislados”, dado que el movimiento se realiza en una sola articulación y, que estos ejercicios, anulan el efecto estabilizador de la cadena cinética.

Por su parte, Bordoli (1995) difiere, ya que no menciona únicamente una sola articulación, sino una serie de articulaciones sucesivas entre cadenas óseas, y sí concuerda con los demás autores en que el último elemento es libre.

El libro “Ejercicios Terapéuticos. Fundamento y Técnicas” agrega que este tipo de ejercicios pueden realizarse en forma estática y dinámica, y que incluye contracciones concéntricas y excéntricas y sería una opción cuando no es posible realizar ejercicios con carga. Asimismo, refiere que no son funcionales porque no se asemejan a las actividades de la vida diaria (Kisner & Colby, 2005).

La diferencia entre ejercicios estáticos o isométricos y ejercicios dinámicos o anisométricos radica en que ambos generan fuerza muscular, el primero no varía su longitud y el segundo produce desplazamiento articular y su longitud se modifica (Krasnov, 2010).

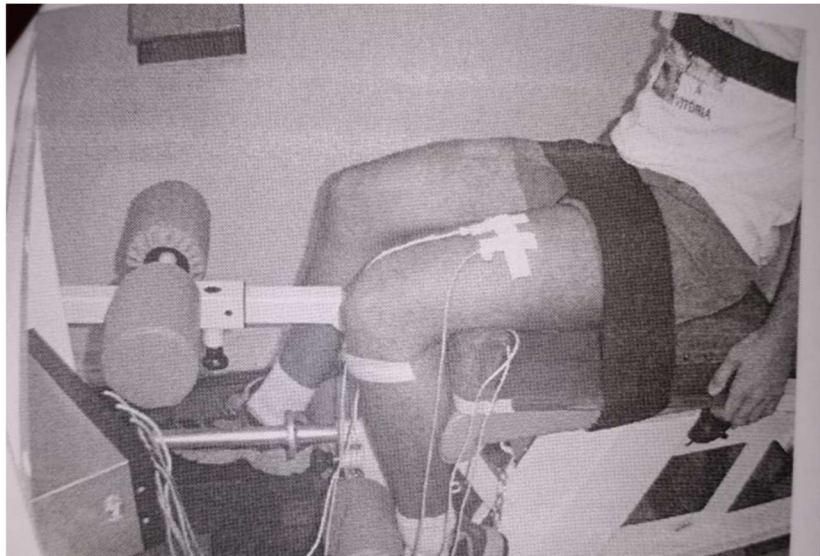


Figura 1. Fuente: “Análise da frequência mediana do sinal eletromiográfico de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em exercícios isométricos de cadeia cinética aberta e fechada” de Letícia Maciel Pizzato (2007).

Cadena Cinética Cerrada

Dentro del artículo “Cadeia cinética aberta e fechada: uma reflexão crítica” mencionan a Fitzgerald GK (1997) - Bynum B (1995) - Yack J (1993) - Hening CE (1985) - Cohen ZA (2001) estableciendo que la característica principal de este tipo de ejercicio es el soporte del peso corporal. Estos ejercicios son definidos como multiarticulares, en contraposición a los de CCA que se realizan sobre una única articulación.

De acuerdo con la libertad permitida en cada una de las cadenas, según su posibilidad de restricción, la CCC se puede subdividir en “Cadena cinética cerrada, cadena cinemática restringida y cadena cinética”.

La Cadena Cinética Cerrada producirá un movimiento totalmente predecible ya que sus dos extremos están fijos. En el caso de la Cadena Cinemática Restringida, tiene un extremo fijo y el otro restringido, con lo cual el movimiento será menos predecible que el anterior. Finalmente, en cuanto a la Cadena Cinética, está tendrá un extremo fijo y el otro libre lo que aumenta sustancialmente el grado de libertad de la cadena.

Distinguir entre estos tres tipos da cuenta del grado de reclutamiento de propioceptores, es decir cuanto menos restringido, se activarán mayor cantidad de propioceptores, también será mayor la estabilización dinámica y menor la carga que se podrá utilizar. Por el contrario, a mayor restricción se genera menos estabilización dinámica, y también un menor reclutamiento de propioceptores y con una mayor posibilidad de utilizar la sobrecarga de manera más segura.

Con relación a los ejercicios de la CCC Prentice (2001) indica que son más funcionales dado que el pie está en contacto con el suelo y que para completar el movimiento general, es preciso, el movimiento de varias articulaciones, ambos extremos de la cadena son fijos y cada movimiento influenciara el movimiento de la articulación siguiente.

A continuación, se recupera el debate entre autores que se detalla en el texto de Duarte de Lima Moser, França Malucelli & Novaes Bueno (2010). Indican que Fitzgerald es quien agrega que la resistencia puede ser proximal como distal, mientras que Bynumm EB (1995) manifiesta que son más seguros y efectivos. En la misma línea tanto Davies como Steindler-Relaux concuerdan que el movimiento de una articulación influenciara el movimiento de la articulación siguiente de la cadena cinética. Por su parte, Steindler-Relaux agrega que la resistencia que soporta debe ser considerable de modo que limite o reduzca el movimiento.

Mencionan que Waldrom-Mabie los relaciona con “circuitos” en los que las articulaciones y enlaces forman uno más circuitos cerrados, cada enlace está conectado al menos a dos enlaces más, los nombra como “Cadenas fijas o cerradas”, “cadena restringida” o “cadena sin restricciones”

Diversos autores (Bordoli, 1995; Kisner & Colby, 2005 y otros) indica que el último elemento de la CCC es fijo, o, deberá vencer una resistencia que restringe o impide la libertad de movimiento. Según la resistencia aplicada los subdivide como “Cadena Cinemática débilmente frenada”, “Cadena fuertemente cerrada” o “Cadena estrictamente cerrada”.

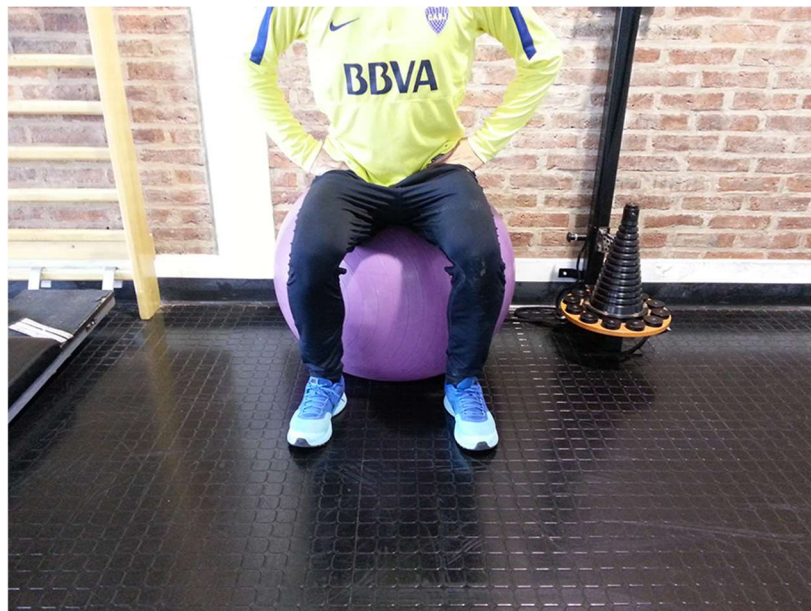


Figura 2. Ejercicio en cadena cerrada bipodal.

Fuente: Comparación de Protocolos de Rehabilitación en Cirugía del LCA con Tendón Patelar en Jugadores Profesionales de Fútbol de Batista et al. (2016).

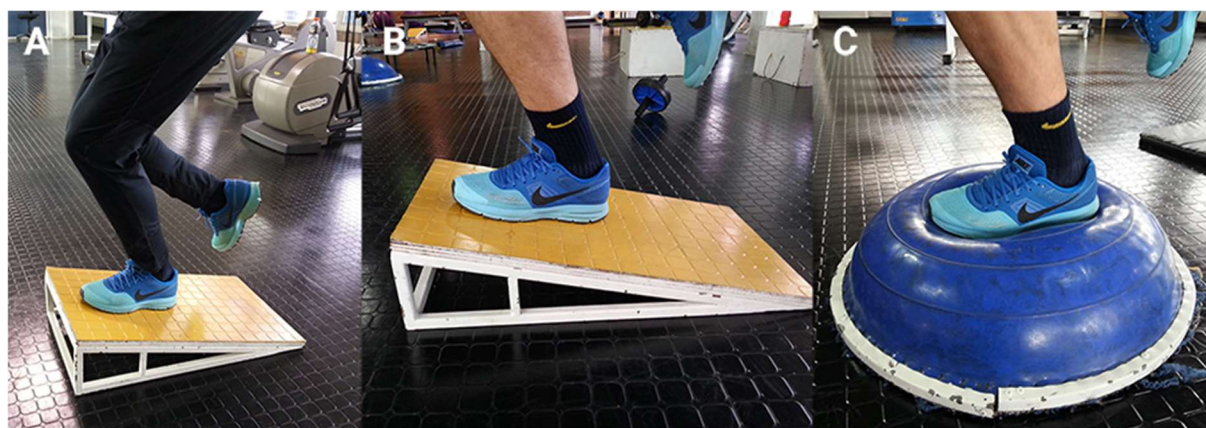


Figura 3. Ejercicio en cadena cerrada unipodal en plano inclinado las dos primeras figuras y en plano inestable la última.

Fuente: Batista et al. (2016)

1.2. Biomecánica de la Cadena Cinética Abierta y Cerrada

Con el fin de explicar de forma detallada lo correspondiente a esta apartado, se recupera el libro “Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva” de Prentice. El mismo analiza la biomecánica de la CCA y la CCC observa la importancia que tienen las fuerzas de cisión y de compresión, en donde la primera actúa en dirección posterior haciendo que la tibia se desplace hacia adelante y la segunda sigue el eje longitudinal de la tibia.

Por lo tanto, en cada ejercicio, se puede interferir en ellas dependiendo de la localización de las fuerzas de resistencia. Si se coloca en la articulación de la rodilla la resistencia en forma distal, ambas fuerzas se potenciarán al máximo, en cambio, si se ubica la resistencia más proximal, se verán disminuidas notablemente; y por último, si lo ubica en forma más axial la fuerza de cisión se reducirá.

Con relación a los ejercicios Duarte de Lima Moser, França Malucelli & Novaes Bueno (2010) especifican que se limitó el uso de ejercicios en cadena cinética abierta por incrementar la fuerza de cisión, dejando de lado el déficit muscular individual, que tras incluirlo en una cadena cinética los músculos proximales y distales compensaran tal déficit. Por tal motivo, es posible afirmar que se debe analizar cada ejercicio, realizar las correcciones necesarias en cada caso, para adecuarlas dentro de un protocolo de rehabilitación.

La revisión de los mismos da cuenta que en el ejercicio en posición de sentado, colocando la resistencia en la tibia distal, en cadena cinética abierta, se anula la contracción

de los isquiotibiales, creándose un momento de flexión solo en la rodilla y siendo la fuerza de cision máxima. En la flexión de rodilla isométrica a 30° en cadena cinética abierta, se produce un menor desplazamiento anterior de la tibia.

En la cadena cinética cerrada, la cocontracción de los isquiotibiales, se efectúa en la articulación de la rodilla, por lo que los isquiotibiales contrarrestan la tendencia del cuádriceps de trasladar la tibia anteriormente, otorgan mayor estabilidad en la articulación debido al soporte del peso corporal, menor fuerza de corte y menor traslación anterior de la tibia. Conforme se incrementa la flexión de la rodilla, aumenta el momento de flexión en la misma, causando mayor tensión del tendón rotuliano y del cuádriceps y un aumento de las fuerzas de reacción en la articulación femoropatelar, en donde al presentar mayor superficie de contacto entre la rótula y el fémur, la tensión de contacto se encuentra minimizada.

Volviendo sobre el texto de Martín Urrialde & Mesa Jiménez (2007) indican que es Lutz quien establece que aquellas actividades que predominan las fuerzas de cizallamiento, son las de CCA, y CCC cuando se evidencian las de compresión. Jurist y Otis en el año 2000 brinda más importancia a la longitud del brazo de palanca y el ángulo de flexión durante una sentadilla, que al valor de la carga con el cual el sujeto realiza el ejercicio.

Por su parte consideran que dos estudios importantes son Barata Solomonov y Zhou (1998) y el de Draganich y Pager (1989) en los cuales las mayores activaciones se producen al final de la flexión en ejercicios de CCC y al final de la extensión en CCA, con valores electromiográficos muy similares. Y respecto de los antagonistas, observaron que la activación de los isquiotibiales se produce al inicio del ejercicio en CCC y al final del mismo en CCA. Luego éstas mismas apreciaciones fueron confirmadas por los estudios de Blackard, Jensen y Ebben (1999) y Escamilla, Fleisig, Zheng y Wilk (1998) Martín Urrialde & Mesa Jiménez (2007).

Asimismo, Miltner, Schneider, Graf y Nithard (1997) dan cuenta sobre los aspectos metabólicos de los ejercicios en CCA y CCC, quienes en un estudio isocinético, a velocidades de 60°/s y 180°/s observaron una disminución de la PO₂ intraarticular. Dicho evento es muy peligroso para el cartílago ya que la hipoxia inicial, es seguida de una reperfusión que elimina gran cantidad de catabolitos, sobre todo radicales libres, causantes de sinovitis reactivas observadas tras ejercicios en CCA Martín Urrialde & Mesa Jiménez (2007).

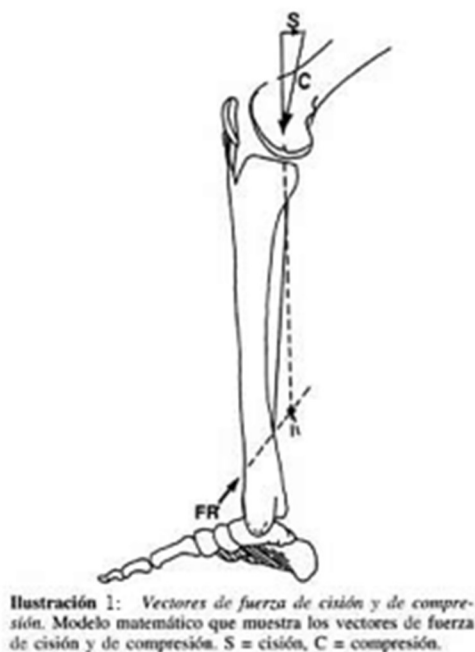


Figura 4. Vectores de fuerza de cisión y de compresión.

Fuente: “Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva” Prentice (2001).

Ventajas y desventajas de la cadena cinética abierta y cerrada

Una de las ventajas de la CCC es que la misma soporta el peso corporal por estar el pie en contacto con el suelo, se puede decir que son más funcionales al compararse con los ejercicios de CCA. Estos presentan desventajas ya que hay mayor traslación tibial y más fuerza de corte en el cartílago articular, por tal motivo muchos terapeutas dejaron de utilizarlos. Por otro lado, entre las ventajas de la CCA se considera que los ejercicios tienen mayor reclutamiento de propioceptores por precisar mayor estabilidad dinámica (Duarte de Lima Moser, França Malucelli & Novaes Bueno, 2010). Por su parte se privilegia la CCC por sobre la CCA, dado que también la consideran más funcional, propioceptiva y con menor traslación tibial anterior (Loeza Magaña, Fritzler-Happach & Barrios-González, 2017).

Por su parte Prentice (2001) menciona múltiples ventajas de la CCC por sobre la CCA. Entre estas se destacan que manifiesta ser más seguros, con menor tensión y peligro sobre las estructuras que se están recuperando y debido a que son actividades que soportan peso, los considera más funcionales y más específicos para las actividades deportivas ya que implica movimientos muy semejantes a la actividad deseada.

Específicamente, en el campo de la medicina deportiva es importante hacer hincapié en la especificidad del entrenamiento, para luego poder aplicar ciertas actividades específicas al campo de juego. Otra ventaja de la CCC por sobre la CCA es que no está limitado por el diseño del equipamiento pudiendo adaptarse o alterarse al deporte específico. Los ejercicios en cadena cerrada comprenden contracciones musculares isométricas, concéntricas y excéntricas a diferencia de la cadena abierta que son ejercicios aislados, en los cuales se suele utilizar un solo tipo de contracción muscular para realizar un movimiento.

Se puede agregar que, en los ejercicios en cadena cinética cerrada también están sometidos a carga huesos, articulaciones y tejidos blandos no contráctiles, como es el caso de ligamentos, tendones y cápsulas articulares. Asimismo, los ejercicios en CCA mejoran la fuerza, potencia y resistencia musculares, mejoran la estabilidad, el equilibrio, la coordinación y la agilidad de las posturas funcionales en carga (Kisner & Colby, 2005).

Siguiendo a Jewiss, Ostman & Smart (2017) en términos de dolor patelofemoral y laxitud articular no se puede afirmar el beneficio de un tipo de ejercicio por sobre otro. Ya que si bien, los ejercicios en cadena abierta tienen una evidencia débil sobre la fuerza del extensor de rodilla esto se ve contrarrestado en que los ejercicios en cadena cerrada dan cuenta de una mejor flexión activa de rodilla.

La revisión bibliográfica permite observar ciertas ventajas de la CCC por sobre la CCA. Los ejercicios de la CCC son más funcionales, ya que el pie se encuentra en contacto con el suelo. Además, presentan menos traslación tibial anterior lo que supone mayor fuerza de corte en el cartílago articular y menor tensión. Es por esto que presentan mayor seguridad para las estructuras en recuperación. Otra de las ventajas de la CCC es que se utilizan 3 tipos de contracciones musculares: concéntrica, excéntrica e isométrica a diferencia de la cadena abierta que utiliza solo una contracción por ser un movimiento aislado. Entre las desventajas se puede indicar que como requieren de una mayor estabilidad dinámica, reclutan menor cantidad de propioceptores.

Kisner & Colby (2005) agregan que la CCC somete a carga a huesos, articulaciones y tejidos blandos no contráctiles como ligamentos, tendones y cápsula articular, por lo que mejoran la fuerza, potencia y resistencia muscular, al mismo tiempo que otorga estabilidad, equilibrio, coordinación y agilidad de las posturas funcionales en carga.

Capítulo 2. Apartado Metodológico

2.1. Estrategia cualitativa

El presente trabajo de investigación adopta un enfoque cualitativo, ya que el fenómeno es analizado a partir de sus propias características, sin pretensiones de generalización a un universo mayor, tal como afirma Patton (2002) recuperado por Vasilaschis del Gialdino (2006) “No constituye, pues, un enfoque monolítico sino un espléndido y variado mosaico de perspectivas de investigación” (p. 24).

En esta línea, Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2010) le adjudican como principales características la posibilidad que otorga para explorar los estudios en mayor grado de profundidad, llevarse a cabo en ambientes naturales, los significados se producen por el análisis de datos y no se fundamenta en procesos estadísticos.

2.2. Diseño y alcance

El alcance de la investigación es de carácter descriptivo y evaluativo. Se comprende como descriptivo ya que caracteriza y especifica cualidades importantes del fenómeno de estudio, teniendo en cuenta sus diferentes dimensiones y componentes. Por su parte, en términos evaluativos, unifica y pone en debate reflexivo diversos textos informativos (Batthyány & Cabrera, 2011).

El tipo de estudio es una discusión teórica que propone un diálogo entre diferentes perspectivas ya autores; esta selección implica tener en cuenta las formas de análisis de los contenidos. El análisis de contenidos es una técnica de interpretación de textos, protocolos y otro tipo de registros, que permite conocer un determinado fenómeno. Se basa en la lectura textual y visual como estrategia de recolección de datos, la cual es sistemática y válida, por lo que “combina intrínsecamente (...) la observación y producción de los datos, y la interpretación o análisis de los datos” Andréu (2001, p. 2).

La revisión bibliográfica es un tipo de investigación científica destinada a recopilar la información relevante sobre un tema específico, en el caso del presente estudio, se trata de los debates en torno a la efectividad de los ejercicios con cadena cinética abierta y cadena cinética cerrada para la recuperación post quirúrgica de las lesiones en el ligamento cruzado anterior.

Tal como afirma Day (2005) esta revisión descriptiva otorga un estado del arte sobre categorías de gran utilidad en un área en constante evolución, ya que se plantean visiones diferentes pero que aún continúan en desarrollo. También se considera de carácter evaluativo dado que se centra en “aspectos etiológicos, diagnósticos, clínicos o terapéuticos” (Ferrer Ferrandiz, Guirao-Goris & Olmedo Salas, 2008, p. 6).

2.3. Fuentes de datos y construcción de la muestra

Las fuentes de información primarias utilizadas son aquellas que brindan información directa, como los artículos científicos, *papers*, libros, tesis de posgrado, opiniones de expertos y publicaciones oficiales. Como fuentes secundarias, entendidas como recopilaciones y resúmenes, se recurren a: enciclopedias, índices, compendios, anuarios y atlas (Calderón, 2011).

Por su parte, la población es el conjunto de personas o fenómenos de los que se pretende conocer alguna cuestión mediante la investigación; también es denominado universo. La muestra es parte, es decir, un recorte del universo que se lleva a cabo durante el proceso investigativo y es una porción representativa de la población. Finalmente, el muestreo, es la técnica que se utiliza para seleccionar los componentes que integran la muestra (López, 2004).

El presente estudio se inscribe en el universo de los debates en torno a la temática de reconstrucción de LCA mediante la práctica de ejercicios de CCA y CCC. Dado la imposibilidad fáctica de abordar la totalidad de los estudios disponibles, se llevó a cabo un muestreo por criterios, considerando los ejes CCA, CCC, LCA, y deportes, ya que primero se construyeron los criterios de inclusión y luego se escogió el material en función de los mismos.

El método implicó una exhaustiva búsqueda de artículos académicos, libros, y diferentes tipos de publicaciones científicas en español, inglés y portugués. Se utilizaron las bases de datos de Pubmed, Jospt, Scielo, Dialnet, Redalyc, Google Académico, entre otras. '

Las palabras claves para las búsquedas fueron: ligamento cruzado anterior, reconstrucción del LCA, ejercicios de cadena cinética abierta y ejercicios de cadena cinética cerrada. Los resultados arrojaron un aproximado de 200 artículos, de los cuales se

seleccionaron 42 que cumplían el criterio de inclusión y fueron los revisionados en la investigación.

2.4. Validez y saturación

La fiabilidad y validez de la investigación se construye mediante la saturación teórica. En el curso de cinco meses se llevó a cabo el proceso de revisión y el mismo se dio por finalizado cuando los artículos seleccionados se repetían o no aportaban información novedosa o de calidad.

Capítulo 3. Análisis e Interpretación de Estudios

Se puede considerar que, durante décadas, con el fin de restaurar la función de la rodilla con reconstrucción de LCA se llevaron a cabo una serie de intervenciones con resultados dispares. Durante la década de 1970 y principios de la de 1980, la rodilla con intervención quirúrgica de LCA, se inmoviliza totalmente mediante la aplicación de yeso durante 6 a 12 semanas (Logerstedt, Snyder-Mackler, Ritter, Axe & Godges, 2010).

En la actualidad, está aceptado que el uso de rodilleras que limitan la extensión, está directamente relacionado con la presencia de rigidez articular posoperatoria y el desarrollo de fibrosis intercondilea. A pesar de que se encuentra cuestionado, en algunos casos, se aplican protocolos con el manejo de rodilleras, incluso de diseño más rígido, dado que algunos profesionales consideran que otorga una mejor protección al injerto (Torres Roldán, Carriedo Rico, Martínez Trejo & Martínez Galindo, 2000).

Tal como afirman Logerstedt (et. al, 2010) durante los últimos 20 años, los programas de rehabilitación en la reconstrucción de LCA, en un principio, se permitió el movimiento protegido y hacia la década de 1990 se habilitó la restauración temprana de la extensión de la rodilla, la pronta actividad del cuádriceps y las acciones inmediatas de soporte de peso completo.

En la década de 1990, los estudios de Shelboun y Nitz arrojaron mejores resultados en aquellos pacientes que realizaron un tratamiento de rehabilitación con un “enfoque acelerado”, en lugar de un tratamiento más conservador. La mayoría de estos pacientes obtuvieron mayor fuerza y rango de movimiento, con menores complicaciones, como artrofibrosis, laxitud y fallas del injerto. Además, el grupo acelerado presentó menos molestias femororrotulianas y un regreso más temprano al deporte.

El enfoque acelerado es utilizado para el paciente joven y/o atlético. La diferencia más evidente, entre el programa acelerado y el conservador, son la velocidad de progresión en las distintas fases de la rehabilitación y el tiempo de recuperación necesario antes de correr, y un regreso completo a las actividades deportivas. Los tratamientos actuales luego de la reconstrucción de LCA se consideran más intensos que los que se utilizaron hasta la década de 1980 (Wilk, Macrina, Cain, Dugas & Andrews, 2012)

Con relación a los ejercicios de Cadena Cinética Abierta, hacia la década de 1990 , se introducían en un protocolo de rehabilitación, luego que la rodilla operada había sido inmovilizada durante 6 semanas o más (Arms et al. 1984) y una estrategia seguida de una lenta progresión hacia actividades funcionales. Éste enfoque de ejercicios post quirúrgicos prolongado y cuidadoso, estaba diseñado para proteger la articulación de la rodilla en curación, limitar las tensiones excesivas sobre el aparato extensor de la rodilla, y compensar los problemas potenciales debido a las tensiones excesivas de la articulación femorrotuliana (Grodski & Marks, 2020).

Sin embargo, los intentos de incluir un enfoque más agresivo en la rehabilitación, a menudo, estresan al sitio quirúrgico de manera indebida, y no influyen lo suficiente en la producción de torque como lo habían considerado, independiente del tipo de injerto utilizado. Además, realizar movimientos repetitivos de extensión en CCA de rodilla tendrá a fomentar un desplazamiento tibial anterior excesivo (Beynnon y Johnson 1996; Heijne y Werner 2007; Kirkley, Mohtadi, Ogilvie 2001), lo que contrarrestaban el objetivo de la cirugía de brindar estabilidad (Grodski & Marks, 2020).

Debido a que recuperar la estabilidad, es un requisito fundamental para lograr la funcionalidad completa, las estrategias de ejercicios que no provoquen daño a la articulación y maximicen la extensión de la rodilla están indicadas (Morrissey et al. 2004) (Grodski & Marks, 2020).

Dada la discusión entre los méritos de los ejercicios en Cadena Cinética Abierta y Cerrada y cuáles son las mejores prácticas para guiar el proceso de rehabilitación luego de una reconstrucción del LCA, se lleva a cabo una revisión crítica y sistemática de las distintas opciones.

3.1. Discusiones en torno a la efectividad de CCA y CCC

Con el fin de conocer cuáles son las alternativas y los debates con relación a la efectividad tanto de la Cadena Cinética Abierta como de la Cadena Cinética Cerrada, se seleccionaron artículos, que, a su vez, retoman diferentes investigaciones, para dar cuenta de las diferentes sobre la temática a partir de múltiples ensayos. Cada uno de los artículos, son en sí mismos, revisiones de diversos estudios que permiten acceder a mayor información.

En el año 2008 se llevó a cabo una comparación de cinco investigaciones de carácter aleatorio y prospectivo, con relación a la discusión acerca de los ejercicios de CCA y CCC en la reconstrucción del LCA. El primero es del año 1995, llevado a cabo por Bynum et al. (1995) en el que se evaluó la rehabilitación de 100 pacientes con autoinjerto de Hueso-Tendón.Hueso (HTH) durante 24 semanas, de los cuales 50 realizaba ejercicios en CCA y 50 en CCC; considerando que 3 pacientes abandonaron antes de finalizar las 24 semanas, los resultados fueron sobre 47 personas en el grupo de CCA y 50 en el grupo de CCC. Se evaluaron seis parámetros: escala de Lysholm, escala de Tegner, la satisfacción del paciente, el rango de movimiento dolor femorrotuliano y laxitud instrumentada KT 1000 (Wright et al., 2008).

El estudio menciona la escala de Lysholm, fue publicada por primera vez en el año 1982, y su objetivo fue determinar el estado funcional de los pacientes con lesiones del LCA de rodilla . Este cuestionario también es utilizado para evaluar a aquellos pacientes con síndrome de dolor femorrotuliano, tendinitis rotuliana, lesiones meniscales y otras lesiones condrales traumáticas y degenerativas. A diferencia de otras escalas, es más concisa y requiere poco tiempo para que el paciente la complete y el médico la evalúe (Celik, Coşkunsu, & Kiliçoğlu, 2013).

Asimismo, en el año 1985 fue modificado por Tegner y el propio Lysholm, y se quitó la medición objetiva de la atrofia del muslo, es por esta razón que se transformó en una escala subjetiva. Consiste en ocho ítems relacionados con la función de la rodilla; cojera, uso de soporte para caminar, inestabilidad, dolor, bloqueo, inflamación, capacidad para subir escaleras y capacidad para agacharse, siendo cada ítem y la puntuación global analizados por separado. Se enfoca en síntomas durante actividades de la vida cotidiana y en el deporte, y se tarda aproximadamente cuatro minutos en completar las ocho preguntas. Las puntuaciones por debajo de 65 fueron consideradas pobres; entre 66 y 83, regulares; desde 84 hasta 94, buenas, y por encima de 95, excelentes. Algunos autores recomiendan utilizar este *score* junto con el de Tegner para poder evaluar mejor la actividad deportiva, ha sido cuestionado por brindar más importancia a las actividades de la vida diaria que al deporte (Arcuri, Abalo & Barclay, 2010).

Por su parte, la investigación de Wright et al. (2008) menciona el uso de KT 1000, que se utiliza para la medición cuantitativa de laxitud ligamentaria de la rodilla en su evaluación clínica. El artrómetro KT-1000 es aplicado en la prueba de traslación anterior y

posterior de la rodilla, y su principal sustento es la comparación de los valores de la rodilla lesionada con la rodilla contralateral, la cual debe ser “normal” para que se la considere como testigo. Los errores descritos son: el dolor, la ausencia de relajación en la musculatura -esta puede ser por aprehensión o porque el paciente no colabora mientras se realizan las maniobras, o bien, por una ubicación equivocada en el lugar en el que se aplican los sensores del aparato (Makino, Garces, Costa Páz, Ponte & Musco, 1998).

En función de los instrumentos mencionados la revisión del estudio de Bynum et al. (1995) indica que:

- Valores máximos KT1000: el grupo de cadena cerrada fue de 1,6 mm frente a 3,3 mm en el grupo de cadena abierta.
- Dolor femororrotuliano: en el 15% del grupo de cadena cerrada frente al 38% en el grupo de cadena abierta.
- La evaluación subjetiva del paciente, la puntuación de Lysholm y la puntuación de Tegner fueron equivalentes en ambos grupos.

Por lo que la principal conclusión a la que arribaron es que los ejercicios de CCC son más seguros y efectivos, presentan un menor grado de dolor femororrotuliano y una disminución del nivel de estrés del injerto del paciente (Wright et al., 2008).

La segunda investigación revisada es la que aplicó Mikkelsen et al. (2000) sobre un programa de ejercicios en CCC de 12 semanas en total, al que sumaron, luego de seis semanas, ejercicios de CCA sobre una porción de la población. El grupo de personas con la combinación de ambas, presentó fortalecimiento isocinético concéntrico y excéntrico de cuádriceps entre 90 ° y 40 ° aumentando durante seis semanas a 90 ° a 10 °. Los parámetros evaluados incluyeron laxitud instrumentada -KT 1000 máximo manual-, pruebas de fuerza isocinética y satisfacción del paciente.

Los resultados indicaron:

- Valores de KT 1000: no mostraron diferencias significativas en la laxitud de la rodilla a los seis meses.
- Fuerza de Cuádriceps: hubo un aumento significativo en la fuerza del cuádriceps en el grupo de cadena abierta a los seis meses, pero no se citaron estadísticas.
- Evaluación de la satisfacción del paciente: en un promedio de 31 meses demostró subjetivamente que el grupo de cadena abierta regresó a los deportes al mismo nivel, a una tasa más alta que el grupo de cadena cerrada.

Esto permitió que se arribara la conclusión que luego de 6 semanas del proceso postoperatorio es posible sumar ejercicios de CCA, sin que esto implique un riesgo de mayor laxitud de rodilla y con la ventaja adicional de mejorar la fuerza muscular de cuádriceps y un mayor retorno a los deportes (Wright et al., 2008).

Los siguientes tres estudios que retoman los autores Wright et al. (2008) se llevaron a la práctica sobre la misma cohorte de pacientes, con diferencia en la participación de números de personas en cada ensayo. En todos los casos el período de evaluación fue de 6 semanas, las primeras dos con fisioterapia estándar y las cuatro siguientes, con ejercicios de CCA vs. CCC sin seguimiento adicional. La diferencia estuvo en los parámetros de evaluación.

El primer estudio del que da cuenta es el de Morrissey et al. realizado en el año 2000. Se centró en evaluar el efecto de los ejercicios de la CCC sobre la laxitud de la rodilla instrumentada. Participaron 36 pacientes seleccionados al azar en cada uno de los grupos de estudio. El grupo de CCC realizó predominantemente ejercicios de prensa de piernas entre las semanas tres y seis después de la reconstrucción del LCA. Por su parte, el grupo de CCA realizó ejercicios de extensión de rodilla y cadera utilizando pesas para los tobillos o máquinas. La evaluación se realizó en ambos grupos mediante el sistema Knee Signature System para determinar la laxitud instrumentada a las dos y seis semanas.

El mencionado sistema de evaluación, Acufex Knee Signature System, es un electrogoniómetro que mide la traslación tibio-femoral con 4° de libertad. El dispositivo se conecta al muslo y a la pierna con velcros. Se aplican a la rodilla varias fuerzas de magnitudes y direcciones diferentes, dando como resultado la traslación ántero-posterior, rotación, varo/valgo y flexión de la articulación. Lo distingue de otros sistemas de medición que puede ser utilizado en las actividades cotidianas y funcionales del paciente. Este producto se dejó de fabricar en la actualidad y se encuentra en el mercado otro de similar tecnología llamado (CA-4000 Electrogoniometer (de OS Inc, Hayward CA) (Álvarez Santana, 2015).

Los resultados indican el el grupo de CCA era un 9% más suelto, pero los intervalos de confianza del 95% de la muestra tuvo una oscilación más -8% y + 29%, ante lo cual el estudio no se consideró concluyente para considerar que los ejercicios de CCA aumentarían efectivamente la laxitud de la rodilla.

El segundo estudio recuperó Wright et al. (2008) fue el realizado por Hooper et al. en el año 2001, el cual se centró en evaluar el efecto de los ejercicios de CCA y CCC. Para el

grupo de CCA se analizó los ejercicios de marcha regular sobre la marcha nivelada y el ascenso y descenso de escaleras y el grupo de CCC hizo prácticas de prensas de piernas, ambos entre las semanas 3 y 6 del proceso.

Se utilizó la Escala EVA de puntuación clínica de Hughston, la primera en la semana 2, previo al inicio de los ejercicios y el segundo en la semana 6, finalizado el período de evaluación. Para ambos grupos la marcha nivelada manifestó resultados equivalentes en las dos instancias de medición, se observó una diferencia entre los grupos en el ángulo de la rodilla en el ejercicio de ascenso de escalera, dándose una disminución del mismo en el de CCC. Entre la semana 2 y las 6 ambos grupos habían mejorado significativamente su análisis de la marcha nivelada y su análisis de ascenso y descenso de escaleras. Por lo tanto, la única diferencia detectada se redujo al finalizar el tratamiento en ambos grupos.

La mencionada Escala EVA, también denominada escala Visual Analógica fue ideada por Scott Huskinson en el año 1976 y es el método empleado con frecuencia para la evaluación del dolor. Consiste en una línea de 10 cm, que representa la experiencia dolorosa. Sólo en los extremos aparecen descripciones, “no dolor” en un extremo y “el peor dolor imaginable” en el otro, sin ninguna otra descripción a lo largo de la línea. Su principal ventaja radica en que contiene números ni palabras, por lo tanto, tiene mayor libertad para indicar sobre una línea continua cuál es su grado de dolor. Asimismo, es útil para reevaluar el dolor en diferentes ocasiones en el mismo paciente. Su validez para la medición del dolor experimental fue demostrada en numerosos estudios y su fiabilidad también ha sido recientemente evaluada, encontrándose satisfactoria (Pardo, Muñoz & Chamorro, 2006).

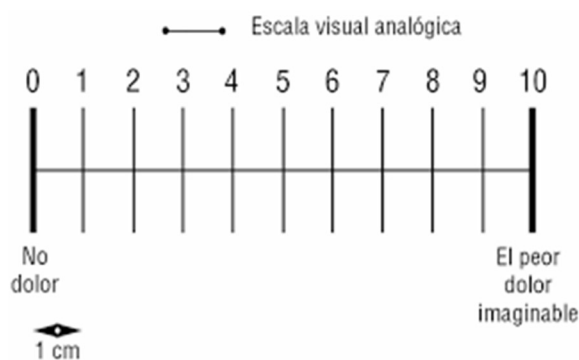


Figura recuperada de Pardo, Muñoz & Chamorro (2006)

El trabajo de Wright et al. (2008) menciona el estudio de Bynum realizado en el año 1995, el cual será también retomado por Jewiss, Ostman & Smart (2017) por considerarse

uno de los más relevantes en la materia, dado que sus investigaciones efectivamente demostraron una mayor laxitud de la rodilla en el grupo de CCA, pero no se pudo determinar cuáles ejercicios fueron los más influyentes en este resultado.

Ante la evidencia mencionada Wright et al. (2008) afirman que los estudios revisados no permiten arribar a conclusiones definitivas, ya que carecen de factibilidad estadística para lograr establecer una diferencia significativa entre los resultados con ejercicios de CCA y CCC. Por esta razón se indagan entre otras investigaciones a fin de analizar los ensayos clínicos y sus resultados.

En este sentido el estudio que a continuación se describe tuvo como objetivo determinar si existen diferencias en los resultados clínicos entre los protocolos de ejercicio de Cadena Cinética Abierta y Cerrada. Para esto se realizó una estrategia de búsqueda en en MEDLINE, el Registro Cochrane de Ensayos Controlados, CINAHL, SPORTdiscus y Science Citation Index.

Las investigaciones fueron ensayos controlados aleatorios de entrenamiento con ejercicios de CCA y CCC en personas que se habían sometido a cirugía reconstructiva del LCA. Todas las publicaciones de revisión sistemática fueron comparaciones entre los grupos de CCA y CCC.

La metodología aplicada se llevó a cabo mediante una búsqueda inicial, a través de la cual se identificaron 151 estudios, al excluir los estudios basados en el título y el resumen, así como eliminar los duplicados, quedaron 23 estudios. Los artículos de texto completo se evaluaron para su inclusión y se excluyeron 16. Cuatro no fueron ensayos controlados aleatorios, seis no fueron posquirúrgicos y seis no compararon la rehabilitación con ejercicios de CCA con CCC. Como resultado se tomaron en consideración siete estudios, cuatro se incluyeron para el metanálisis y tres solo para la revisión sistemática (Jewiss, Ostman & Smart, 2017).

Los parámetros encontrados fueron los siguientes:

1. Dolor en la articulación femororrotuliana: Bynum et al., 1995, informaron significativamente menos dolor en CCC en comparación con CCA, tampoco informaron diferencias significativas en la puntuación de la escala de actividad de Tegner en los grupos de CCA versus CCC.

Es importante destacar que el *Score* de Tegner es un índice de evaluación subjetiva donde clasifica la propia percepción de la función general de la rodilla operada. La misma

puede ser realizada por el paciente o por el médico. Se trata de una escala del 1 al 10, siendo 10 perfecto. 0 representa la incapacidad como consecuencia de una lesión de la rodilla, 1-4 no realiza actividad física, pero trabaja; 5-7 practica actividad física recreativa y 7-10 realiza actividad física competitiva (Arcuri, Abalo & Barclay, 2010).

2. Por su parte, Ucar et al., 2014, informaron más dolor con CCA, pero el nivel de significación estadística no estaba claro, mientras que Morrissey et al., 2000, no encontraron diferencias significativas entre los grupos con respecto al dolor extensor de rodilla (Jewiss, Ostman & Smart, 2017).
3. Respecto de la fuerza del extensor de rodilla: Kang et al., 2012, informaron que la fuerza isocinética, la resistencia isocinética y la fuerza en sentadillas mejoraron significativamente después de ambas intervenciones, pero los cambios en la fuerza isocinética y la resistencia isocinética de los músculos extensores fueron significativamente mayores en el grupo CCA que en el grupo Grupo CCC. Por el contrario, Morrissey et al., 2000, no encontraron diferencias entre los grupos.
4. Al evaluar la laxitud anterior de la rodilla tanto el estudio Morrissey et al., 2000 como el de Perry et al., 2005 no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de CCA y CCC en la prueba de desplazamiento tibial anterior.
5. Sobre flexión activa de rodilla: Ucar et al., 2014, informaron que la flexión de la rodilla fue mayor en el grupo CCC que en el grupo CCA; sin embargo, explican si estas diferencias fueron estadísticamente significativas.

Como conclusión, y en base a los datos publicados, es difícil defender de la superioridad de la CCA frente a la CCC en lo que respecta a un protocolo de rehabilitación de Reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior, ya que los meta análisis no arrojaron beneficios de uno sobre otro en lo concerniente a la laxitud articular y dolor femororrotuliano. Hubo evidencia débil que los ejercicios en CCA son más beneficiosos para mejorar la fuerza de los extensores de rodilla, esto se contrarresta con una evidencia escasa de una mejor flexión activa de la rodilla en cadena cerrada (Jewiss, Ostman & Smart, 2017).

Además de los artículos reseñados, se encontraron otras investigaciones, que no logran establecer de modo concluyente una diferencia significativa en la rehabilitación de LCA utilizando ejercicios de CCA o CCC. En este sentido se pueden mencionar adicionalmente los siguientes. “Anterior Cruciate Ligament Strain In Vivo: A Systematic Review” publicado en el año 2016 por Luque Seron y Medina Porqueres; “Open- or Closed-

Kinetic Chain Exercises After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction?” del año 2005 realizado por Fleming, Oksendahl, Beynnon.

A las mismas conclusiones arribaron Ykio Fucuda, et al., en la publicación del año 2013 titulada “Open Kinetic Chain Exercises in a Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Randomized Controlled Clinical Trial”; la revisión titulada “The effects of open versus closed kinetic chain exercises on patients with ACL deficient or reconstructed knees: a systematic review” de Glass, R., Waddell, J., & Hoogenboom, B. (2010) y así como la investigación realizada por Kruse, Gray, & Wright, titulada Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review y publicada en el año 2012; entre otras consultas.

Hasta aquí, la revisión sistemática de múltiples investigaciones llevadas a cabo en diferentes períodos y con distintos ejercicios, así como sistemas de evaluación, no permiten establecer una superioridad significativa al correlacionar la CCC y la CCA.

A continuación, se da cuenta de algunos estudios y revisiones en los que se encontraron diferencias significativas al evaluar los resultados de diferentes pruebas y ejercicios vinculados a la rehabilitación del LCA.

Un estudio publicado en el año 2012 recupera el análisis llevado a cabo en Corea entre los meses de mayo del año 2009 y octubre del 2011 con el propósito de comparar la fuerza y resistencia entre ejercicios en CCA y CCC, después de la Reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior. La metodología aplicada fue de una investigación simple ciega randomizada controlada, en una clínica específica para el deporte. La muestra se compuso de 62 sujetos iniciales, de los cuales 26 fueron excluidos, 2 por problemas neurológicos y ortopédicos y 24 porque no habían sido intervenidos en las 12 semanas anteriores al inicio del estudio. Los datos efectivamente analizados fueron sobre 36 pacientes, durante un plan de tres meses de rehabilitación para la reconstrucción del LCA (Hyungkyu, Jung & Yu, 2012).

El total fue separado en dos grupos, uno llevó a cabo ejercicios de CCA y el otro de CCC. Participaron en la supervisión, tres profesionales terapeutas físicos quienes controlaron los ejercicios. Estos se realizaban 30 minutos, 3 veces a la semana, durante un periodo de 12 semanas. En un primer momento se ejecutaba la entrada en calor y vuelta a la calma, en ambos grupos esta etapa era mediante el uso de bicicleta fija por 5 minutos. Ambos grupos realizaron todos los ejercicios en 5 series de 12 repeticiones cada una, al 70% de la intensidad

de una repetición máxima y con 30 segundos entre cada serie. El grupo de CCA realizó flexión y extensión de la pierna y elevación de la pierna recta, mientras que el grupo de CCC efectuaron sentadilla, prensa y estocada (Hyungkyu, Jung & Yu, 2012).

Los ejercicios en CCA mostraron una diferencia significativamente mayor en la fuerza isokinética y resistencia de los músculos extensores, en comparación con la CCC. Los ejercicios en CCA producen mayor fuerza de cizallamiento durante la extensión de rodilla desde 30° a 0°, en comparación con la CCC. Los autores contrastaron sus resultados por los alcanzados por Tagesson et al. en el año 2008 e indicaron que su evaluación es coincidente al indicar que en CCA, son más efectivos en lo que respecta a la fuerza de cuádriceps en comparación con los de CCC. Pero, destacan una diferencia, ya que en la investigación de Tagesson et al. no se midió la fuerza de los músculos flexores, lo cual es un factor crítico en lo que concierne a las caminatas de larga distancia. Se puede concluir que los ejercicios en CCA son adecuados para el desarrollo de la fuerza y resistencia del aparato extensor de rodilla luego de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior y puede ser usado eficazmente en un programa de rehabilitación (Hyungkyu, Jung & Yu, 2012).

Posteriormente, en el año 2013, se realizó una investigación sobre 14 sujetos de género masculino con el fin de medir la traslación anterior de la tibia (TAT) de las rodillas con deficiencia de LCA durante los ejercicios de CCA y CCC. La población presentaba lesión unilateral del LCA y se ejercitaban realizando estocada hacia adelante y ejercicio de extensión en cadena cinética abierta con carga y sin carga. En el curso de esta actividad se tomaron imágenes mediante fluoroscopia uniplanar, como la distancia entre los puntos de referencia tibial y femoral, en siete ángulos de flexión de rodilla, de 0° a 90°.

Entre los ángulos de TAT no se encontraron diferencias significativas entre los pacientes con deficiencia de LCA y los que no, en todos los ángulos durante la estocada hacia adelante y el ejercicio de extensión en CCA sin carga. Por el contrario, en los casos de ejercicios de CCA con carga, la TAT de las rodillas lesionadas de LCA fue significativamente mayor que las sanas, en la medición del rango de los ángulos entre 0° y 15°. Esto sugiere que la estocada hacia adelante, como ejercicios de soporte de peso de CCC, brinda un enfoque más seguro para desarrollar la fuerza muscular y estabilidad funcional en un programa de rehabilitación de LCA. (Norouzi et al., 2013).

Se destaca que la mencionada “Radioscopia” o “Fluoroscopia” es un estudio que proporciona una visualización dinámica en tiempo real de estructuras anatómicas. Durante su procedimiento se utiliza un medio de contraste para resaltar la anatomía (Bushong, 2013).

3.2. El tratamiento de LCA mediante ejercicios de CCA y CCC en lesiones deportivas

Tal como se mencionó al inicio de este trabajo, las lesiones del Ligamento Cruzado Anterior se presentan de manera frecuente en la actividad deportiva, ya sea grupal, como individual, así como también en casos amateur o en deportistas profesionales. Las revisiones de los estudios que abordan la eficacia de los tratamientos con ejercicios de CCA y CCC son divergentes, ya que no existe un consenso académico en cuanto a la similitud o eficiencia de cada una o la combinación de ambas. En esta línea se presentan estudios que tomaron todas o algunas de estas variables aplicadas a pacientes que practican deportes.

La importancia y gravedad de las lesiones de LCA implica, por ejemplo, que exista una compañía denominada “Folksam” que opera como aseguradora de los deportistas, y para la misma, esta lesión, es la que genera el período más extenso de incapacidad, el porcentaje más alto de imposibilidad de retomar la práctica deportiva nuevamente y la lesión de mayor costo económico para la empresa (Mikkelsen, Werner, & Eriksson, 2000).

Los mencionados investigadores trabajaron sobre una muestra de 44 personas practicantes de diferentes disciplinas deportivas, que presentaban una lesión de LCA unilateral. El grupo se dividió en dos, con 22 participantes en cada uno. Con el grupo 1 se ejercitó solamente CCC para el fortalecimiento de cuádriceps, el segundo grupo recibió un tratamiento combinado de CCC inicial e inclusión de ejercicios de CCA luego de las primeras seis semanas. Al finalizar el procedimiento se evaluó mediante un Artrómetro KT 1000 la laxitud anterior y con un dinamómetro Kin-Com la fuerza de cuádriceps e isquiotibiales, antes de la intervención y seis meses después de la misma.

En un promedio de 31 meses de haberse efectuado la intervención quirúrgica los pacientes completaron un cuestionario para conocer el estado actual de la rodilla, función y actividad física y deporte, con el fin de determinar el alcance y el momento de su recuperación. Los resultados indicaron que no se encontraron diferencias significativas en la laxitud anterior de la rodilla en los grupos con 6 meses de postcirugía, los pacientes del grupo 2 aumentaron significativamente más el torque del cuádriceps que los del grupo 1, pero no

hubo diferencia en el torque de los músculos isquiotibiales entre ambos grupos. Asimismo, un grupo significativamente mayor de pacientes en el grupo 2 regresó a deportes al mismo nivel que antes de la lesión que en el grupo 1. Los pacientes del grupo 2 que volvieron al deporte al mismo nivel lo hicieron 2 meses antes que los del grupo 1.

Por lo tanto se concluye que la combinación de ejercicios de CCA y CCC es más efectiva en el fortalecimiento muscular de cuádriceps que solo los ejercicios de CCA en la reconstrucción del LCA, ya que permite un retorno más temprano a los deportes originales al mismo nivel previo la lesión sin comprometer la estabilidad de la articulación de la rodilla (Mikkelsen, Werner, & Eriksson, 2000).

En España se publicaron en el año 2013 los resultados de un estudio sobre la temática tomando el fútbol como deporte. La selección de esta práctica obedece a que la misma es la que mayor desarrollo tiene en occidente. Al mismo tiempo por su forma de jugarlo, la múltiple interacción entre los 22 deportistas supone un alto grado de incertidumbre con relación a las altas posibilidades de producirse lesiones. En el fútbol, el 70% de las lesiones de LCA se generan sin contacto físico ya que puede suceder una desaceleración repentina con la rodilla bloqueada en extensión, así como una caída brusca luego de un salto. De forma concomitante el 73% de los lesionados en LCA transita una lesión de meniscos, el 80% traumatismos óseos y el 10% lesiones cartilaginosas.

Al dar cuenta de las estadísticas, se puede visualizar de forma contundente el alcance de la problemática. Entre los jugadores federados en España se detectaron 620.000, mientras que, por ejemplo, en Holanda, las lesiones las sufren el 43% de los profesionales. Al dimensionar este problema, los investigadores recuperan estudios en los que se aplicó el tratamiento de CCA y CCC para conocer el abordaje terapéutico. Esta necesidad se relaciona por ser la lesión más costosa para la institución a la que pertenece el deportista, que presenta con mayor porcentaje de discapacidad permanente, en especial en futbolistas de alto rendimiento, coincidiendo con lo informado por la aseguradora Folksam, en el estudio anteriormente mencionado (Lopez Londoño, et al., 2013).

El estudio de carácter exploratorio implicó una revisión documental de publicaciones especializadas durante en el período comprendido entre los años 2000 y 2012 y mediante criterios de selección e inclusión se sistematizaron 14 artículos.

Los resultados de la sistematización afirman que los ejercicios de CCA se deben implementar luego de cumplidas 6 semanas de la reconstrucción del LCA, bajo rigurosas

condiciones de control. Con relación al tiempo, el 33% de los estudios, dan cuenta de la inexistencia de diferencias que puedan considerarse significativas en los efectos sobre la laxitud en los programas con CCA y CCC al evaluarlos entre 8 y 14 semanas posteriores a la cirugía. La evaluación temporal también indicó que se puede comenzar con ejercicios de CCA luego de 4 semanas de efectuada la cirugía generando mayor laxitud de rodilla que aquellos que comienzan luego de 12 semanas. Finalmente, con relación a la fuerza concéntrica o excéntrica del cuádriceps no se detectan diferencias cuando se comienzan luego de los seis meses de la reconstrucción, por lo cual su eficiencia aumenta si se inicia con anterioridad (Lopez Londoño, et al., 2013).

Desde el servicio médico del club español de fútbol Barcelona, uno de los más importantes del mundo da cuenta de la importancia del fútbol femenino y como este se encuentra en crecimiento, y por ende también las lesiones. Si se considera el número de licencias otorgadas, en Suiza tuvo un aumento del 250%, en Estados Unidos 210% y en Alemania un 160%. Según la Asociación Internacional de Fútbol (FIFA) se estima la existencia de 40 millones de practicantes de fútbol femenino. Al momento de la publicación del estudio (2011) en España se registraban 18.000 fichas federativas y se preveía alcanzar la cifra de 50.000 en los siguientes años. Uno de los puntos fundamentales de la revisión es que las mujeres futbolistas sufren de lesiones de LCA 2 a 4 veces de modo más frecuente que los hombres que practican este deporte (Yanguas Leyes, Til Pérez & Cortés de Olano, 2011).

El objetivo de este estudio es evaluar la incidencia de lesiones de LCA en tres temporadas consecutivas (entre los años 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010) en un grupo de futbolistas del sexo femenino y compararlo con otros con la misma finalidad. La investigación fue de carácter retrospectiva e incluyó 53 jugadoras en la primera temporada, 53 en la segunda temporada y 60 en la tercera, de tres equipos del Fútbol Club Barcelona. La incidencia lesional se obtuvo mediante la fórmula: $[\text{número de lesiones/horas de exposición}] \times 1.000 \text{ horas}$. Se calculó la incidencia lesional de manera general, y por separado la correspondiente a entrenamientos y a partidos.

Las lesiones que se registraron durante las tres temporadas se basaron en un mecanismo indirecto en el que se observó un fallo en los elementos estabilizadores de la rodilla sin entrar en contacto con otra jugadora. Se contabilizó un total de 11 lesiones de LCA: 4 en la primera temporada, 3 en la segunda y 4 en la tercera. Dos jugadores presentaron

lesión de LCA en una temporada y luego lesión del LCA contralateral en la temporada siguiente (Yanguas Leyes, Til Pérez & Cortés de Olano, 2011).

Al contrastar el resultado del propio estudio con otros realizados, los mismos arrojaron datos dispares. Dos estudios dieron cuenta de una muy baja incidencia, uno fue prospectivo con 202 futbolistas de primer nivel de la liga de fútbol de Estados Unidos, en el cual se observó que la incidencia de lesiones de LCA durante el curso de una temporada fue solo del 0,09, muy por debajo de los resultados de los equipos del club Barcelona. El otro estudio mencionado se llevó a cabo sobre 176 jugadoras de alto nivel de la liga de Noruega con una incidencia del 0.10. De esta forma, se pudo comprender, que son sumamente eficaces los programas de prevención de lesiones de LCA que se instalaron con fuerza entre las futbolistas profesionales en Estados Unidos.

Por otro lado, la contrastación con otros trabajos muestra valores de incidencia mayores que los expuestos por Barcelona. El estudio prospectivo realizado por Faude et al. (2005) sobre 165 deportistas en la liga profesional alemana arrojó un valor del 2,2, mientras que el realizado por Tegnander et al. (2008), también prospectivo, sobre 181 jugadoras de la liga noruega, indicó una incidencia del 0,6. El trabajo que mayor similitud presenta es el que se efectuó con 123 futbolistas suecas por Östenberg y Roos (2000) cuya incidencia es del 0.31. Las mediciones consensuadas por el Comité Olímpico Internacional dan cuenta de una incidencia de 0.28 de lesiones de LCA en futbolistas mujeres. De acuerdo con la revisión de la literatura médica coinciden en que los riesgos de lesiones son mucho más altos durante los partidos que en los entrenamientos (Yanguas Leyes, Til Pérez & Cortés de Olano, 2011).

Las causas que ocasionan que las mujeres tengan un mayor índice de lesión de LCA podrían ser factores predisponentes tales como: un ángulo Q aumentado aunque esta condición no parece ser suficiente para justificar su lesión, parámetros de activación del aparato extensor, la correlación entre el tamaño y la forma de la escotadura intercondílea y su incidencia en la lesión del LCA dado que una escotadura intercondílea más estrecha condiciona un fenómeno de compromiso entre el ligamento y elementos óseos vecino. La existencia de ligamentos de menor grosor podría reducir su máxima extensión ante la tracción, pero no esto no es similar en todos los estudios. Otras de las particularidades en la mujer son la laxitud ligamentosa en el plano sagital y frontal.

Entre los factores también se destaca la posibilidad de la relación con el ciclo menstrual, ya que se detectó una mayor incidencia en los primeros diez días, durante la fase

preovulatoria, siendo el momento en el que se produce el pico de estrógenos. Por otro lado, diferentes estudios contemporáneos cuestionan esta correlación. Otro factor sería mayor valgo dinámico y patrón neuromuscular característico del sexo femenino, tal como pone de manifiesto el trabajo de Zebis et al. (2008), en el cual a través de estudios de electromiografía de superficie que fue encontrado 100 milisegundos antes de que el pie impacte en el suelo existe una activación del músculo semitendinoso que parece ser crucial como protección ante las fuerzas de traslación anterior que ejercerá el cuádriceps sobre la tibia en el momento del impacto con el suelo, realizando una acción sinérgica junto al LCA (Yanguas Leyes, Til Pérez & Cortés de Olano, 2011).

En esta línea, pareciera que existen mujeres que elaboran un patrón neuromuscular diferente y las deficiencias en la activación de este grupo muscular las pondrían en riesgo a la hora de tener una rotura del LCA. Observaciones similares fueron publicadas con anterioridad por otros grupos de trabajo. Hewett et al. (2005) cita estudios en los cuales una mayor laxitud de los isquiotibiales en las mujeres deportistas puede condicionar significativamente la correcta activación de éstos, con el consiguiente fallo en el control estabilizador de la rodilla.

Con relación a la rehabilitación no se detectaron evidencias significativas en los tratamientos posquirúrgico diferenciados para futbolistas hombres o mujeres. No obstante, se considera sumamente necesario identificar a los jugadores con mayor nivel de riesgo e implementar protocolos de prevención específicos a fin de disminuir la incidencia de lesiones de LCA, ya que las aplicaciones de los mismos arrojan una disminución de entre 74% y el 88% de las lesiones (Yanguas Leyes, Til Pérez & Cortés de Olano, 2011).

Considerando la importancia que implica para los deportistas el retorno a la actividad, así como también el alto grado de lesiones de LCA como de retiros que esta ocasiona, se considera pertinente la mención de los factores que implican la recuperación.

En este sentido, la medicina del deporte, tiene como desafío lograr que los atletas se recuperen en el menor tiempo posible con mínimas secuelas de la rodilla que fue intervenida. El éxito en el retorno al mismo nivel anterior a la lesión se basa en tres factores. En primer lugar, se encuentra la cirugía; ésta debe ser adecuada teniendo especial cuidado en el tipo, el método de fijación, y la aplicación de estimuladores biológicos a la cicatrización (Concentrado Plaquetario Autólogo con sus respectivos factores de crecimiento). En segundo lugar, la rehabilitación acelerada utilizando los sistemas de entrenamiento funcional para que

la rodilla recupere su capacidad. Finalmente, establecer un entrenamiento funcional basado en la neuro propiocepción, automatización de gestos técnicos de cada deporte: la recuperación de la capacidad física y confianza para volver a los entrenamientos y alta competencia (Radice et al., 2010).

Los mencionados autores llevaron a cabo una investigación sobre 850 pacientes sometidos a una reconstrucción de LCA entre los años 2000 y 2008, habían sido tratados por el Equipo de Medicina del Deporte de Clínica Las Condes y MEDS y el seguimiento fue durante los 18 meses posteriores a la cirugía. En la serie inicial 655 pacientes eran hombres y 195 pacientes mujeres con un rango de edad de 15 años a 48 años. Se analizó en detalle el regreso a la actividad de los deportistas de alto rendimiento profesionales o federados miembros de selección nacional del deporte que practica, participantes de Juegos Olímpicos, Campeonatos Mundiales, Panamericanos u Odesur. Este criterio de exclusión implicó que la investigación se realizará sobre un total de 212 deportistas, 152 hombres y 60 mujeres, con un rango de edad de 15 a 28 años. La distribución por deportes fue: en fútbol 71 hombres y 7 mujeres, en Rugby 57 hombres, en Esquí de nieve 6 hombres y 18 mujeres, en Hockey sobre césped, 2 hombres y 10 mujeres, Artes Marciales 5 hombres y 7 mujeres, para Motociclismo 5 hombres y el resto de la población se distribuyó entre Basquet, Esgrima, Handball, Volley y Esquí náutico, con un total de 6 hombres y 18 mujeres (Radice et al., 2010).

Específicamente sobre la relación entre CCA vs. CCC cuando se realiza un trabajo de cuádriceps en CCA con carga constante, llama la atención que la magnitud del vector extensor de cuádriceps aumenta durante los últimos grados de extensión, a pesar de que existe contracción de los isquiotibiales lo que genera flexión de la rodilla y traslación posterior de la tibia. En ángulos altos de flexión predomina el vector traslador posterior de tibia, por ende, el isquiotibial debe activarse escasamente para controlar la traslación anterior de la tibia que genera el cuádriceps. Entre 0 y 40° de flexión el vector traslador posterior del isquiotibiales se encuentra en desventaja mecánica, por ende, el isquiotibial se debe activar más para controlar la traslación anterior tibial. El vector extensor del cuádriceps por ende debe vencer la carga externa más la mayor activación isquiotibial aumentando por ende su magnitud de activación. La mayor activación del vector extensor de cuádriceps y la desventaja mecánica del vector traslado posterior del isquiotibial hacen que la magnitud de la traslación anterior de la tibia y por ende la tensión del LCA aumente significativamente entre 0 y 40° de flexión.

La flexión de rodilla en cadena abierta activa el isquiotibial con contracción del cuádriceps. Mientras mayor es el ángulo de flexión, más se activa el isquiotibial para vencer una carga externa constante ya que adquiere mayor ventaja mecánica el vector traslado posterior del isquiotibial que el vector flexor que debe vencer la carga externa (Radice et al., 2010).

Los autores afirman que la flexión de la CCA no genera traslación anterior de la tibia, sino que produce traslación posterior, al mismo tiempo que mientras mayor es el ángulo de flexión mayor es la traslación posterior. Por lo cual, no genera tensión en el LCA, sin embargo, debe evitarse por al menos 6 semanas en el caso que la zona dadora sea del ST-G por la alta tensión que genera sobre el isquiotibial. La extensión de rodilla en CCC genera mayor cocontracción de isquiotibiales y gemelos que en cadena abierta. Por ende se reduce en forma significativa la traslación anterior de la tibia y por ende la tensión del LCA. Es más existe traslación posterior de tibia sobre los 50° de flexión. Entre 0 y 40° de flexión la traslación anterior de tibia es baja, pero existe y es similar a la traslación que se genera en cadena abierta entre 40 y 90° (Radice et al., 2010).

Finalmente, los parámetros que se tuvieron en cuenta para el regreso a la actividad deportiva fueron: la evaluación isocinética de la rodilla con diferencia entre rodilla operada y contra lateral menor a 5 %. con buen equilibrio entre extensores y flexores de rodilla; resonancia magnética que mostrara patrón de maduración del injerto completo con ausencia de edema a nivel del túnel óseo, injerto continuo y homogéneo; recuperación de fuerza máxima, fuerza explosiva, y coordinación de gestos técnicos específicos de cada deporte; y, ausencia de dolor, derrame articular, limitación de rango de movilidad articular, y temor al retorno deportivo.

A partir de lo mencionado en la evaluación integral, el retorno deportivo fue de 94.5% en forma global, siendo en hombres un 97% y en mujeres 88% en un plazo promedio de siete meses. El retorno al entrenamiento se inició en promedio a partir del cuarto mes, con un rango entre el cuatro y cinco meses dependiendo del deporte. La reconstrucción de LCA en deportistas de alto rendimiento debe considerar una serie de factores en la toma de decisiones, ya que lograr un retorno al deporte al mismo nivel anterior a la lesión no solo depende de una adecuada técnica quirúrgica, sino, además, de una serie de factores vinculados con los ejercicios de rehabilitación (Radice et al., 2010).

Las revisiones se tornan de interés en virtud del eje del presente trabajo, ya que permite identificar la complejidad de la temática, en función del abordaje para una

multiplicidad de deportes. En esta línea, los que se mencionan a continuación toman dos deportes sumamente diferentes, el Sky sobre nieve y el Básquet, que a pesar de ser totalmente diferentes, presentan en común la problemática de la lesión de LCA y su tratamiento.

Si bien el número de lesiones generales en el Sky mantiene una disminución sostenida a partir de la década de 1970, se incrementaron las lesiones severas LCA, esto se encuentra asociado, por un lado al aumento de la velocidad del deporte, y, por otro, a los cambios en las botas, ya que éstas son más rígidas con un puño superior que se acerca a la rodilla, lo cual resulta ventajoso por tener mejor agarre a la nieve y permitir un giro más fácil y beneficiosos cuando el esquiador pierde el equilibrio. También las fijaciones de los esqui convencionales hace que el esquiador no puede lanzarse cuando pierde el equilibrio, sumado a la falta de mantenimiento, con la combinación de estos elementos, hace que se distribuya la fuerza y el torque desde el sky a la rodilla brindando un escenario extremadamente propenso a que la misma se lesione (Kikomeyer, Wahoff & Mymern, 2012).

Para indagar sobre esta cuestión se llevó a cabo un estudio en que se documentaron 25 temporadas de sky del equipo de Francia de la Copa del mundo, la investigación de Pujol, et al. (2007) reportó 5.7 lesiones cada 100 temporadas de sky. La incidencia de injuria de la misma rodilla fue del 19%, mientras que la tasa de una segunda lesión en la misma rodilla o en la sana fue del 39%. Aunque no se observan diferencias de género entre esquiadores profesionales y de elite hay evidencia que las esquiadoras profesionales son más propensas a las lesiones del LCA (Kikomeyer, Wahoff & Mymern, 2012).

Los mecanismos de lesión de LCA en la práctica de Sky puede ser de valgo con rotación externa durante la caída cuando el borde interior del esquí engancha la nieve y la pierna inferior gira externamente mientras que el cuerpo del esquiador continua hacia adelante. Otro mecanismo de lesión inducido por la bota ocurre cuando el esquiador aterriza desde un salto y la cola del esquí hace contacto con la nieve forzando la bota del esquí y la parte inferior de la pierna en sentido anterior. El mecanismo de lesión más común se considera que se sucede cuando el esquiador se encuentra en bajada, el peso corporal se coloca en el borde inferior del esquí, y la parte superior del mismo y permanece sin ponderar. A medida que el esquiador cae hacia atrás, la cola del esquí en la bajada se clava en la nieve mientras el esquí es forzado a ir hacia adelante, obligando a la pierna a girar internamente con una rodilla en hiperflexión. Un mecanismo de rotación interna e hiperextensión que

ocurre durante la caída hacia adelante en combinación con rotación interna e hiperextensión de rodilla (Kikomeyer, Wahoff & Mymern, 2012).

La medición de los procesos de rehabilitación fue en tres fases, la rehabilitación avanzada; el entrenamiento específico y el regreso al deporte. La incorporación de los ejercicios de CCA se produce durante la primera fase de rehabilitación avanzada, que ocurre entre la semana cuatro y seis posterior a la cirugía, Los movimientos consisten en sentadillas y ejercicio de prensa de pierna con el fin de comenzar a restaurar la fuerza muscular. El programa de rehabilitación para este tipo de atletas incluye control neuromuscular para evitar que la rodilla se coloque en posiciones que pongan en riesgo al LCA, estabilidad adecuada, fuerza de resistencia, máxima fuerza para poder soportar las grandes fuerzas centrífugas que se colocan en la pierna exterior durante las vueltas del esquí. Se debe hacer especial hincapié en el control excéntrico durante los ejercicios de CCC. Como es mencionado en otros estudios, el eje fundamental es la prevención, en este caso la necesidad de educar al atleta en estrategias para evitar colocarse en posiciones que pueden ser riesgosas para el LCA (Kikomeyer, Wahoff & Mymern, 2012).

Tal como se detectó en otros deportes revisados, en el caso del Básquet las lesiones de LCA se producen sin contacto entre jugadores. El mecanismo más común en el desgarramiento del LCA ocurre en una posición de valgo forzado en la rodilla, excesiva rotación interna del fémur sobre la tibia y excesiva traslación anterior de la tibia sobre el fémur o una combinación de lo anteriormente dicho (Waters, 2012).

Dado que la mayoría de las lesiones en el Básquet, consideradas unas 80.000 anuales, las mismas ocurren desde un movimiento desaceleración, pivote o caída desde un salto vertical, el protocolo de rehabilitación debe preparar al jugador para abordar estos riesgos, incluyendo el fortalecimiento muscular del grupo abductor de la cadera, contracción de cuádriceps e isquiotibiales, el equilibrio, trabajar adecuadamente el tronco y la flexión de la rodilla (Waters, 2012).

La rehabilitación se midió en tres fases: la primera fase sólo consideró el rango de movimiento postquirúrgico; la segunda fase fue tomada entre la semana 10 y 13 posterior a la cirugía y se aplicaron los ejercicios de CCC con el objetivo de aumentar la fuerza muscular incrementando progresivamente la cantidad de peso que el atleta pueda movilizar; en la tercera fase se orienta específicamente a la práctica del deporte en sus aspectos más exigentes teniendo en cuenta, la fuerza muscular continua, la mejora de la resistencia y la agilidad,

como las habilidades necesarias para el retorno a la práctica. El éxito de los protocolos de rehabilitación debe tener en cuenta al jugador de forma integral, los movimientos que realice y que los mismos se lleven a cabo de forma progresiva (Waters, 2012).

Llama la atención que este estudio, también indica que, en la práctica del Básquet, son las mujeres quienes tienen una mayor posibilidad de sufrir lesiones de LCA (Waters, 2012).

Conclusión

A través de la revisión llevada a cabo en la presente investigación se pudo corroborar la hipótesis planteada ya que la rehabilitación de la rotura del LCA puede ser llevada a cabo tanto por ejercicios de CCA y CCC combinados o no, sin demostrar una efectividad de uno sobre el otro.

Se identificó que la rotura del LCA es más frecuente en edades jóvenes, ya que en esta población se registra un mayor índice de actividad deportiva, el 75 % es producto de un mecanismo indirecto y sólo el 25% son el resultado de algún trauma. Las razones más frecuentes de rotura de LCA en deportistas se producen en tareas de aterrizaje y cambios de dirección, sin contacto directo con otros jugadores. Otro de los hallazgos de la investigación es que se registra un mayor número de mujeres con lesión del LCA en comparación con los hombres deportistas.

Si bien, se continúa estudiando los diferentes tratamientos posibles, la rotura de LCA es sumamente frecuente por lo cual son importantes los programas de prevención de lesiones como una estrategia a fin de lograr disminuir la incidencia de ruptura del LCA. Estos deben ser personalizados y específicos para la tarea, y orientar los objetivos, para el mejoramiento de la biomecánica de la rodilla.

En los artículos consultados concuerdan en que el mecanismo de lesión existe un exceso del valgo de la rodilla, una disminución en el ángulo de flexión y rotación externa de la tibia. El LCA es “cordonal” lo que implica, que, tras sufrir una rotura completa, el mismo se retrae y el tratamiento adecuado es la cirugía. Existe una relación directa entre el movimiento de la rodilla y la tensión del ligamento y su deformación. El menisco tiene un rol preponderante en evitar la traslación anterior de la tibia, es por eso que existe alta frecuencia de lesiones de menisco interno en aquellas rodillas con lesión de LCA.

Existen dos grandes grupos de reconstrucción del LCA. Algunos tienen preferencia por la utilización de injertos autólogos biológicos o aloinjertos. Según sea el sistema de su elección, se deberá tener en cuenta que la fijación sea resistente, es decir, que no tenga movimiento dentro del túnel e integrarse rápidamente. También es fundamental considerar el tiempo prudente de retorno al deporte para evitar una reruptura.

Con relación a la CCA, se establece como el último eslabón de la cadena es libre de moverse en el espacio, sin intervención del peso corporal, el movimiento se produce en una sola articulación, y estos ejercicios anulan el efecto estabilizador de la cadena cinética. La

CCC, tiene la característica principal es el soporte del peso corporal, son multiarticulares, más funcionales, con resistencia proximal o distal. Deberá vencer una resistencia que restringe o impide la libertad de movimiento.

Son importantes la actuación de las fuerzas de compresión y cizallamiento en cada ejercicio, la primera sigue el eje longitudinal de la tibia y la segunda hace que la tibia se desplace hacia adelante. En la CCA predominan las fuerzas de cizallamiento y en la CCC la de compresión. De todos modos, se debe analizar cada ejercicio, realizar las correcciones necesarias en cada caso, para adecuarlas dentro de un protocolo de rehabilitación.

Aquellos artículos que destacan ventajas de la CCC sobre la CCA, dan cuenta de que estos son más funcionales, con menos traslación tibial anterior, otorgan mayor seguridad para las estructuras que se están recuperando, utiliza tres tipos de contracción muscular a diferencia de la abierta que utiliza una sola contracción por ser un movimiento aislado. Quienes privilegian los ejercicios de CCA identifican mayor reclutamiento de propioceptores por precisar mayor estabilidad dinámica.

Finalmente, a pesar de las diferencias mencionadas, la revisión sistemática de múltiples investigaciones llevadas a cabo en diferentes periodos y con distintos ejercicios, así como sistemas de evaluación, no permiten establecer una superioridad significativa al correlacionar la CCC y la CCA, con resultados dispares entre una investigación y otra, por lo tanto es necesario realizar futuras investigaciones a fin de brindar mayor especificidad sobre el tema.

Bibliografía

- Álvarez Santana, D. (2015). *Correlación entre los resultados de valoración funcional y de fuerza de la rodilla en pacientes con rotura de Ligamento Cruzado Anterior* (Doctorado). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Alves Lopes, T., Simic, M., D. Myer, G., Ford, K., Hewett,, T., & Pappas, E. (2018). The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks. *Am J Sports Med.*, 46(6), 1492–1499. doi: 10.1177/0363546517716930
- Andréu, J. (2001). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada. *Documento de trabajo S, 2001*, 377-400. Recuperado de <http://mastor.cl/blog/wp-content/uploads/2018/02/Andreu.-analisis-de-contenido.-34-pags-pdf.pdf>
- Arcuri, F., Abalo, E., & Barclay, F. (2010). Uso de scores para evaluación de resultados en cirugía del Ligamento Cruzado Anterior. *Artroscopia*, 17(3), 241-247. Recuperado de <https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-anteriores/64-volumen-05-numero-1/volumen-17-numero-3/606-uso-de-escores-para-evaluacion-de-resultados-en-cirugia-del-ligamento-cruzado-anterior#:~:text=Escore%20de%20Actividad%20de%20Tegner,hasta%2010%2C%20siendo%2010%20perfecto>
- Ayala Mejías, J., García-Estrada, G., & Alcocer Pérez-España, L. (2015). Actualización en las Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior. Análisis de los Resultados Mediante TAC y Escalas Clínicas. *Artroscopia*, 22(1), 1-11. Recuperado de <https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-anteriores/97-volumen-05-numero-1/volumen-21-numero-5/691-juan-diego-ayala-mejias>
- Batista, J., Maestu, R., Patthauer, L., Ocampo, M., Godoy, G., & Ortega Gallo, P. et al. (2016). Comparación de Protocolos de Rehabilitación en Cirugía del LCA con Tendón Patelar en Jugadores Profesionales de Fútbol. *Artroscopia*, 23(2), 47-54. Recuperado de <https://www.revistaartroscopia.com.ar/ediciones-anteriores/103-volumen-05-numero-1/volumen-23-numero-2/738-comparacion-de-protocolos-de-rehabilitacion-en-cirugia-del-lca-con-tendon-patelar-en-jugadores-profesionales-de-futbol>

- Batthyány, K., & Cabrera, M. (2011). *Metodología de la investigación en Ciencias Sociales Apuntes para un curso inicial* (1ra ed.). Montevideo: Universidad de la República.
- Bordoli, P. (1995). *Manual para el Análisis de los Movimientos* (1ra ed.). Buenos Aires: CEA.
- Bushong, S. (2013). *Manual de radiología para técnicos* (10ma ed., p. 398). Barcelona: Elsevier.
- Calderón, D. H. (2011). Fuentes de información. *Documento de Trabajo de la Organización Panamericana de la Salud*.
- Celik, D., Coşkunsu, D., & Kiliçoğlu, O. (2013). Translation and cultural adaptation of the Turkish Lysholm knee scale: ease of use, validity, and reliability. *Clinical orthopaedics and related research*, 471(8), 2602–2610.
<https://doi.org/10.1007/s11999-013-3046-z>
- Corinaldesi, E., Costa Paz, M., & Musculo, L. (2013). Evaluación a largo plazo de plástica de ligamento cruzado anterior: 22 años de seguimiento. Reporte de un caso. *Revista De La Asociación Argentina De Ortopedia Y Traumatología*, 77(4), 264-267. doi: 10.15417/170
- Duarte de Lima Moser, A., França Malucelli, M., & Novaes Bueno, S. (2010). Cadeia cinética aberta e fechada: uma reflexão crítica. *Fisioter. Mov*, 23(4), 641-650. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/fm/v23n4/a14v23n4.pdf>
- Fleming, B. C., Oksendahl, H., & Beynnon, B. D. (2005). Open-or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction?. *Exercise and sport sciences reviews*, 33(3), 134-140. Recuperado de https://journals.lww.com/acsm-essr/Fulltext/2005/07000/Open_or_Closed_Kinetic_Chain_Exercises_After.6.aspx
- Forriol, F., Maestro, A., & Vaquero Martín, J. (2008). El Ligamento cruzado anterior: morfología y función. *Trauma*, 19(1), 7-18. Recuperado de https://app.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v19s1/pdf/02_01.pdf

- Guirao-Goris, J., Olmedo Salas, A., & Ferrer Ferrandis, E. (2008). El artículo de revisión. *Revista Iberoamericana De Enfermería Comunitaria*, 1(16), 1-24.
Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/268518751>
- Glass, R., Waddell, J., & Hoogenboom, B. (2010). The effects of open versus closed kinetic chain exercises on patients with ACL deficient or reconstructed knees: a systematic review. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 5(2), 74-84.
Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2953392/>
- Grodski, M., & Marks, R. (2020). Exercises following anterior cruciate ligament reconstructive surgery: biomechanical considerations and efficacy of current approaches. *Res Sports Med*, 16(2), 75-96. doi: 10.1080/15438620701877032
- Henseler, D., Van Eck, C., Fu, F., & Irrgang, J. (2012). Utilizing the Double-Bundle Technique. *Journal Of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(3), 184-195.
doi: 10.2519/jospt.2012.3783
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hyungkyu, K., Jung, J., & Yu, J. (2012). Comparison of Strength and Endurance between Open and Closed Kinematic Chain Exercises after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Randomized Control Trial. *Phys. Ther. Sci*, 24(10), 1055-1057.
Recuperado de https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/24/10/24_JPTS-2012-179/_pdf/-char/en
- Jewiss, D., Ostman, C., & Smart, N. (2017). Open versus Closed Kinetic Chain Exercises following an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal Of Sports Medicine*, 17, 1-10. doi: 10.1155/2017/4721548
- Kikomeyer, D., Wahoff, M., & Mymern, M. (2012). Suggestions From the Field for Return-to-Sport Rehabilitation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Alpine Skiing. *Journal Of Orthopaedic & Sports Physical Therap*, 42(4), 313-325. doi: 10.2519/jospt.2012.4024
- Kisner, C., & Colby, L. (2005). *Ejercicio Terapéutico. Fundamentos y Técnicas* (1ra ed.). Barcelona: Editorial Paidotribo.

- Krasnov, F. (2010). Metodología del entrenamiento de la fuerza. *Revista De La Asociación Argentina De Kinesiología*, 3(40), 18-22. Recuperado de http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art3_40.pdf
- Kruse, L. M., Gray, B., & Wright, R. W. (2012). Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 94(19), 1737–1748. doi: 10.2106/JBJS.K.01246
- Loeza Magaña, P., Fritzler-Happach, W., & Barrios-González, J. (2017). Valoración isocinética en cadena cinética cerrada en futbolistas: Prueba piloto. *Archivo Medicina Del Deporte*, 34(2), 66-71. Recuperado de http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or01_loeza.pdf
- Logerstedt, D., Snyder-Mackler, L., Ritter, R., Axe, M., & Godges, J. (2010). Knee Stability and Movement Coordination Impairments: Knee Ligament Sprain. *Journal Of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(4), A1-A37. doi: 10.2519/jospt.2010.0303
- López, P. (2004). Población, muestra y muestreo. *Punto Cero*, 9(8), 1-6.
- Luque-Seron, J. A., & Medina-Porqueres, I. (2016). Anterior cruciate ligament strain in vivo: a systematic review. *Sports health*, 8(5), 451-455. doi: 10.1177/1941738116658006
- Lopez Londoño, S., Nuñez Murillo, T., Rojo González, M. A., Uribe Pajon, L. M., & Zapata Ospina, E. (2013). Evidencia de los ejercicios de cadena cinética abierta en el tratamiento de la lesión del ligamento cruzado anterior en futbolistas: una revisión sistemática. Recuperado de https://www.academia.edu/33487886/EVIDENCIA_DE_LOS_EJERCICIOS_DE_CADENA_CIN%89TICA_ABIERTA_EN_EL
- Makino, A., Garces, E., Costa Páz, M., Ponte, L., & Musco, R. (1998). Evaluación artrométrica de rodilla con KT 1000 en pacientes con ruptura del L.C.A. sin y con anestesia. *Artroscopía*, 5(1), 40-43. Recuperado de <https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-anteriores/ediciones-anteriores/1998/volumen-5-numero-1/43-volumen-05-numero-1/volumen-5->

[numero-1/254-evaluacion-artrometrica-de-rodilla-con-kt-1000-en-pacientes-con-ruptura-del-lca-sin-y-con-anestesia](#)

- Martín Urrialde, J., & Mesa Jiménez, J. (2007). Cadena Cinética Abierta... Cadena Cinética Cerrada... Una discusión abierta. *Archivos de Medicina del Deporte*, XXIV(119), 205-209. Recuperado de http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Formacion_Cadena_119.pdf
- Mikkelsen S, C., Werner, S., & Eriksson, E. (2000). Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, 8, 337-342. doi: 10.1007/s001670000143
- Norouzi, S., Esfandiarpour, F., Shakourirad, A., Salehi, R., Akbar, M., & Farahmand, F. (2013). Rehabilitation after ACL injury: a fluoroscopic study on the effects of type of exercise on the knee sagittal plane arthrokinematics. *Biomed Res Int*, 2013, 1-7. doi: [10.1155/2013/248525](https://doi.org/10.1155/2013/248525)
- Pardo, C., Muñoz, T., & Chamorro, C. (2006). Monitorización del dolor. Recomendaciones del grupo de trabajo de analgesia y sedación de la SEMICYUC. *Medicina Intensiva*, 30(8), 379-385. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912006000800004
- Paus, V., & Graieb, A. (2015). In *Manual del Médico de Equipo. Prevención y manejo de las lesiones del deportista* (1ra ed., pp. 192-196). Buenos Aires: Asociación Argentina de Traumatología del Deporte.
- Pivas, N. (s.f) Hospital Alemán. *Rotura de ligamento cruzado anterior: una de las lesiones más frecuentes de la rodilla*. Buenos Aires: Hospital Alemán. Retrieved from <https://www.hospitalaleman.org.ar/hombres/rotura-de-ligamento-cruzado-anterior-una-de-las-lesiones-mas-frecuentes-de-la-rodilla/>
- Pizzato, L. (2007). Análise da frequência mediana do sinal eletromiográfico de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em exercícios isométricos de cadeia

cinética abierta e fechada. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 13(1), 1-5. doi: 10.1590/S1517-86922007000100002.

Prentice, W. (2001). *Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva* (3ra ed.). Barcelona: Paidotribo

Radice, F., Chamorro, C., Yañez, R., Vergara, F., González, F., & Zelaya, G. (2010). Retorno deportivo en atletas de alto rendimiento después de reconstrucción de Ligamento Cruzado Anterior de Rodilla. *Artroscopia*, 17(3), 233-240. Recuperado de <https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-antiores/ediciones-antiores/2010/volumen-17-numero-3/64-volumen-05-numero-1/volumen-17-numero-3/605-retorno-deportivo-en-atletas-de-alto-rendimiento-despues-de-reconstruccion-de-ligamento-cruzado-anterior-de-rodilla>

Sanchis, A., & Sancho, G. (1992). Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Revista Española De Cirugía Osteoarticular*, (27), 33-42. Recuperado de http://www.cirugia-ostearticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/1820_33.pdf

Torres Roldán, F., Carriedo Rico, E., Martínez Trejo, G., & Martínez Galindo, F. (2000). Rehabilitación mínima acelerada en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Revista Mexicana De Ortopedia Y Traumatología*, 14(2), 161-163. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/e272/ea8482f56023de8b672557537518397bf3ba.pdf>

Vasilachis de Gialdino, I. (2006). La investigación cualitativa. En I. Vasilachis de Gialdino, *Estrategias de investigación cualitativa* (1ra ed., pp. 1-24). Barcelona: Gedisa.

Waters, E. (2012). Suggestions From the Field for Return to Sports Participation Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Basketball. *Journal Of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 42(4), 326-336. doi: 10.2519/jospt.2012.4030

Wilk, K., Macrina, L., Cain, L., Dugas, J., & Andrews, J. (2012). Recent Advances in the Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Jospt*, 42(3), 153-171. doi: 10.2519/jospt.2012.3741

- Wright, R., Preston, E., Fleming, B., Amendola, A., Andrish, J., & Bergfeld, J. et al. (2008). A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *The Journal Of Knee Surgery*, 21(3), 225–234. doi: 10.1055/s-0030-1247823
- Yanguas Leyes, J., Til Pérez, L., & Cortés de Olano, C. (2011). Lesión del ligamento cruzado anterior en fútbol femenino. Estudio epidemiológico de tres temporadas. *Apunts Med Esport*, 46(171), 137-143. doi: 10.1016/j.apunts.2011.02.006
- Yukio Fukuda, T., Fingerhut, D., Coimbra Moreira, V., Ferreira Camarini, P., Folco Scodeller, N., & Duarte, A. et al. (2013). Open Kinetic Chain Exercises in a Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal Of Sports Medicine*, 4(14), 788-794. doi: 10.1177/0363546513476482