



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

Magíster en Terapia Física con menciones

Trabajo de Grado de Magíster

Asociación entre déficit de fuerza muscular
y re-lesión de rodilla después de la
reconstrucción de ligamento cruzado
anterior. Revisión de la literatura

Klgo. Juan Carranza Leiva

Temuco, 20 de abril 2020

PROYECTO TRABAJO DE GRADO MAGISTER

Terapia Física con mención en Rehabilitación Musculoesquelética

ASPECTOS GENERALES

TITULO:

Asociación entre déficit de fuerza muscular y re- lesión de rodilla después de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Revisión de la literatura

Escriba 3 palabras claves que identifiquen el Trabajo de Grado

Ligamento Cruzado Anterior	Relesión	Evaluación de Fuerza
----------------------------	----------	----------------------

DATOS DEL ESTUDIANTE

Carranza	Leiva	Juan Guillermo	14.418.830-6
<small>APELLIDO PATERNO</small>	<small>APELLIDO MATERNO</small>	<small>NOMBRES</small>	<small>RUT</small>

Parcela #18, parcelación Monte Oscuro, sector Monte Verde, Temuco

DIRECCIÓN PARA ENVIO DE CORRESPONDENCIA (CALLE, Nº, DEPTO., COMUNA)

Temuco	4813376	+56972137402	
<small>CIUDAD</small>	<small>CASILLA</small>	<small>TELÉFONO</small>	<small>FAX</small>

jgcarranza@gmail.com	
<small>DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO</small>	
Clínica MEDIFIS Temuco	
<small>INSTITUCIÓN</small>	<small>FIRMA DEL ESTUDIANTE</small>

DATOS DEL ACADEMICO GUIA

Muñoz	Poblete	Claudio	
<small>APELLIDO PATERNO</small>	<small>APELLIDO MATERNO</small>	<small>NOMBRES</small>	<small>RUT</small>

DIRECCIÓN PARA ENVIO DE CORRESPONDENCIA (CALLE, Nº, DEPTO., COMUNA)

Temuco			
<small>CIUDAD</small>	<small>CASILLA</small>	<small>TELÉFONO</small>	<small>FAX</small>

claudio.munoz@ufrontera.cl	
<small>DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO</small>	
<small>INSTITUCIÓN</small>	<small>FIRMA ACADEMICO GUIA</small>

Tabla de contenido

INDICE DE NOMENCLATURAS	5
I.- RESUMEN	6
Antecedentes:	6
Objetivo:	6
Metodología:	6
Resultados: La modalidad de	6
II.- FORMULACION GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO.	7
Introducción	7
Criterios para definir el momento del reintegro deportivo	8
Evaluación de criterios clínicos y riesgo de lesión de rodilla	8
Evaluación muscular como criterio de retorno deportivo	10
III.- PREGUNTA, OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS.	12
Pregunta Orientadora	12
Objetivo General	12
Objetivos Específicos	12
IV.- METODOLOGIA Y MÉTODOS	13
Criterios de elegibilidad	13
Fuentes de información	13
Estrategia de búsqueda	13
Registros de estudios	14
V.- RESULTADOS	15
Asociación entre el déficit de fuerza cuádriceps e incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA	17
Asociación entre el déficit de fuerza isquiotibiales e incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA	17
Asociación entre la alteración de la relación isquiotibial/cuádriceps e incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA	18
VI. DISCUSION	18
VII.- CONCLUSION	19

Limitaciones.....	20
Proyecciones.....	20
VIII.- ANEXOS.....	22
IX.- REFERENCIAS:.....	25

INDICE DE NOMENCLATURAS

LCA: Ligamento Cruzado Anterior

I/C: Isquiotibial / Cuádriceps

HTH: Hueso-Tendón-Hueso

ST-G: Semitendinoso-Gracilis

CRD: Criterios de Retorno Deportivo

KOS-ADLS: *Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale*

GRD: *Global Rating Scale*

LSI: *Limb Symmetry Index*

1 RM: Una repetición máxima

I.- RESUMEN

Antecedentes: La incidencia de relesión de rodilla posterior a la reconstrucción de ligamento cruzado anterior (LCA) puede llegar hasta un 30% en pacientes que retornan al deporte. Definir criterios de retorno deportivo que permitan disminuir el riesgo de lesión resulta primordial.

Se han utilizado diferentes criterios para definir el retorno deportivo y en un 41% de los estudios se ha utilizado el déficit de fuerza, junto a otras pruebas, como un criterio de riesgo de lesión. Sin embargo, a la fecha no se ha evaluado la utilidad por si misma de utilizar el déficit de fuerza como un criterio de riesgo de lesión del injerto de LCA.

Objetivo: Determinar asociación entre el déficit de fuerza de cuádriceps e isquiotibiales y la incidencia de lesión de rodilla, posterior a la reconstrucción de LCA.

Metodología: Se realizó una revisión descriptiva de la literatura científica, para determinar la asociación de cada una de las variables con la relesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA.

Resultados: Dos artículos fueron seleccionados para su análisis e incorporación en la evaluación. Existe controversia respecto a la asociación de déficit de cuádriceps y relesión de rodilla, uno de los estudios seleccionados describe un índice de simetría promedio de 84%+-15.2 desviaciones estándar para el grupo sin lesión de rodilla y un 75.0%+-16.7 desviaciones estándar para el grupo que presento lesión de rodilla (HR 0.97, IC 95% 0.94 – 0.99; p=0.03). Se identifica una baja relación I/C como un factor de riesgo para ruptura del injerto de LCA, (HR 10,6 por diferencia del 10%, IC 95% 10,2-11; p=0,005), de igual manera se encontraron diferencias en el torque máximo de isquiotibiales entre el grupo que presentó lesión del injerto y en el que no.

Conclusión: Los estudios seleccionados muestran una asociación entre una baja relación I/C y relesión de rodilla, lo que es concordante con la identificación de los isquiotibiales como musculatura restrictiva de la translación anterior de la tibia y por lo tanto protectora del injerto de LCA. Es controversial la asociación entre la relesión y el déficit de fuerza de cuádriceps.

A pesar de la utilización frecuente de la evaluación muscular como un criterio de retorno deportivo y riesgo de relesión, existe escasa evidencia para determinar la asociación directa entre estas variables puesto que es medida su asociación principalmente incluida en una batería de pruebas. Es necesario contar con mayor investigación que evalúe la relación entre el déficit de fuerza y la relesión de rodilla.

II.- FORMULACION GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO.

Introducción

La lesión de LCA es una de las más estudiadas en la literatura ortopédica(1). Presenta una tasa de incidencia de 68,6 casos por cada 100.000 año-persona en los Estados Unidos (2), asociándose su evolución natural al aumento de la incidencia de lesión meniscal y la combinación de ambas lleva a un aumento en la incidencia de artrosis de rodilla cercana al 50% en un plazo de 5 años (3). En Estados Unidos los costos por la incidencia de artrosis de rodilla posterior a la lesión de LCA son cercanos a los 2.200 millones de dólares anuales(4), pudiendo disminuir de forma importante este gasto, a través de la prevención de lesiones meniscales luego de la lesión de LCA. Por esto y otros factores ligados a la recuperación funcional y retorno deportivo se recomienda la reconstrucción quirúrgica del ligamento, llegando a un 70% la incidencia de reconstrucción en estos pacientes(2). Se describe una mayor tasa de reconstrucción en las 2 últimas décadas, principalmente en sujetos entre los 20 a 40 años(1,2). De estos pacientes entre un 5% a 30% puede presentar una nueva lesión de rodilla y específicamente del neoligamento, principalmente en los primeros años después de la cirugía(5).

Retornar al deporte de manera segura es uno de los principales objetivos de los pacientes que se someten al proceso de reconstrucción del ligamento y definir el momento exacto para esto es una de las prioridades del equipo de salud, aunque aún no es del todo claro el momento del retorno deportivo seguro.

En el último tiempo ha aumentado los estudios tratando de definir criterios objetivos que permitan determinar predictores de riesgo de lesión del injerto al momento de reintegrarse al deporte (6-12) y de esta manera definir el momento en que el paciente puede retornar al deporte con un menor riesgo.

El acto quirúrgico implica la restitución del ligamento por un injerto frecuentemente autólogo, obtenido del tendón patelar del paciente, técnica hueso-tendón-hueso (HTH) o del tendón del musculo semitendinoso y gracilis (ST-G). El proceso de obtención del injerto y su utilización como nuevo ligamento tienen repercusiones en la función de la rodilla, tanto por la alteración de la dinámica muscular(13), como por el proceso de maduración e incorporación que debe sufrir este injerto para adquirir las características morfológicas y biomecánicas del LCA nativo(14-16). La pérdida del LCA nativo conlleva una alteración en la capacidad propioceptiva de la rodilla, dada la presencia de mecanorreceptores en el ligamento, que permiten generar mecanismos de protección frente a momentos de carga y que en el caso de los pacientes con lesión tienden a estar enlentecidos(17-20). En este proceso de maduración, la alteración de la dinámica muscular y la disminución de la capacidad propioceptiva de la rodilla exigen que el proceso de rehabilitación considere estas variables para restablecer la función normal de la rodilla.

La Terapia Física juega un rol clave en el proceso de rehabilitación, con el fin de restaurar la función de la rodilla y permitir a través de esto el reintegro deportivo de los pacientes. La recuperación del rango de movilidad, la restitución de la fuerza, de la relación entre la musculatura periarticular de rodilla, la normalización de la estabilidad estática y dinámica y de la autopercepción de seguridad de parte del paciente, son objetivos claves del proceso de rehabilitación (21-25). Todas estas variables se tratan de evaluar a través de pruebas clínicas que determinarían la recuperación de la normalidad de la rodilla y,

por lo tanto, el momento de reintegro deportivo seguro. Participar en la definición de los criterios de retorno deportivo, así como la realización de las mismas evaluaciones es parte del que hacer del profesional kinesiólogo que se desempeña en áreas de rehabilitación musculoesquelética y deportiva.

Criterios para definir el momento del reintegro deportivo

Se han definido varios factores de riesgo de relesión del injerto al momento del retorno deportivo, pero que su modificación no es posible, ya que corresponden a variables estructurales o etarias, no modificables con la rehabilitación o la cirugía. Se ha encontrado asociación entre el riesgo de relesión y variables no modificables como la edad y el tipo de injerto (11). Teniendo los pacientes menores de 25 años un riesgo mayor de relesión(10). Existe también asociación con variables que si bien son modificables, tienen que ver más bien con parámetros de temporalidad, por ejemplo, se ha descrito una disminución del 51% en la tasa de relesión por cada mes que se retrasa el reintegro deportivo hasta los 9 meses post cirugía (6). Debido a esto el criterio más utilizado es el tiempo transcurrido desde la cirugía, que está asociado al proceso de incorporación y maduración del injerto y que se describe puede ir desde los 2 a 4 años(14,15).

Las pruebas clínicas que permiten medir los resultados de la rehabilitación y del acto quirúrgico son variadas y se han publicado resultados tratando de incorporar diferentes pruebas clínicas(26–31). El tiempo de evolución posterior a la cirugía es el criterio clínico mayormente utilizado para el retorno deportivo(32) y habitualmente se indica el retorno deportivo posterior al año en la población general y posterior a los 6 meses en deportistas profesionales. Una revisión sistemática de las principales pruebas clínicas para evaluar el retorno deportivo incluyó 21 artículos y determinó que el criterio más utilizado fue la evaluación de la fuerza muscular isocinética de la extremidad inferior (18 de 21 artículos), seguido por la evaluación de la simetría de extremidades inferiores medido con la evaluación de salto monopodal (7 de 21 artículos) y la evaluación de parámetros de rodilla como el rango de movimiento y el derrame articular (6 de 21 artículos)(33).

Evaluación de criterios clínicos y riesgo de lesión de rodilla

Se ha intentado determinar cuáles son los factores que influyen para que los pacientes retomen el nivel deportivo previo a la lesión, en especial en deportistas profesionales, pero la asociación entre pruebas clínicas y retorno deportivo es débil(9). Algunos conceptos que se repiten en los pacientes que no retornan al deporte son el temor a una nueva lesión o la falta de seguridad(34), en este sentido, el contar con una batería de pruebas objetivas que se asocie a un menor riesgo de lesión podrían ayudar a cambiar la percepción de estos pacientes y favorecer el retorno deportivo. Por lo tanto, el contar con pruebas clínicas validas, que se asocien a un porcentaje menor de lesión del injerto, se torna relevante para cumplir los objetivos de volver al deporte y hacerlo de una manera segura.

Actualmente existe literatura que ha intentado determinar la asociación de diferentes pruebas con el riesgo de relesión. Grindem et al(6) buscaron la asociación entre la falla en la aprobación de criterios de retorno deportivo (CRD) y riesgo de lesión de rodilla. Los criterios para retorno al deporte fueron la evaluación isocinética de cuádriceps, prueba de salto simple, prueba de salto triple, prueba de salto triple cruzado, prueba de

tiempo de salto de 6 metros, escala de actividades de la vida diaria de la encuesta de resultados de rodilla (KOS por sus siglas en inglés) y la escala de clasificación global de la función percibida (GRS por sus siglas en inglés). Encontraron un mayor riesgo de lesión, sin significancia estática, en aquellos pacientes que no aprobaban los CRD (38.2% versus aquellos pacientes que aprobaron los CRD (5.6%) (HR 0.16, P=0.075). Los autores determinaron como criterio de aprobación un cumplimiento sobre el 90% en todos los CRD.

Kyritsis et al(7) aplicaron 6 pruebas como CRD, evaluación isocinética de cuádriceps, prueba de salto simple, prueba de salto triple, prueba de salto triple cruzado, prueba T de agilidad corriendo, y cumplimiento de una fase de rehabilitación específica de deportes de campo. Encontraron un mayor riesgo de lesión con significancia estadística para los pacientes que no aprobaban los 6 CRD (33.3%) versus los que si lo aprobaban (10.3%) (HR 4.1, 95% CI 1.9-9.2, p<0.001).

Recientemente una revisión sistemática cuantitativa, que incluyó los estudios de Grindem et al(6) y Kyritsis et al(7), estableció que la aprobación de criterios objetivos para determinar el retorno deportivo, no se asocia a un menor riesgo de lesión del injerto o del LCA contralateral (35). El metaanálisis incluyó 4 estudios de cohorte en pacientes con reconstrucción de LCA, que fueron sometidos a diferentes pruebas clínicas para determinar el retorno deportivo. El seguimiento promedio fue de 6 meses posterior a la reconstrucción, en promedio se sometió a cada paciente a 6 pruebas clínicas y la aprobación de todas las pruebas determinaba que el paciente está en condiciones de volver al deporte. En los pacientes que retornaron al deporte se estableció la incidencia de lesión del injerto y del LCA contralateral. Una de las conclusiones del estudio fue que debe existir mayor investigación para determinar los criterios óptimos de retorno deportivo, ya que en este caso solo se evaluó el cumplimiento o no de todos los criterios establecidos en cada estudio y no cada una de las pruebas por separado(35).

Webster et al.(36) realizaron una revisión sistemática para determinar la evidencia disponible y la validez de las pruebas de retorno al deporte después de la cirugía de reconstrucción de LCA. Encontraron una reducción significativa en la incidencia de lesión del injerto en los pacientes que aprobaban los CRD (RR: 0.40; 95% CI 0.23-0.69; p<0.001; I²=0%) y una reducción mínima, no significativa, en la incidencia de todas las lesiones concomitantes a la lesión de LCA (RR: 0.80; 95% CI 0.27-2.3; p=0.7; I²=79%). En los cinco estudios incluidos en esta revisión para definir el riesgo de lesión del injerto y lesiones concomitantes se utilizaron CRD diferentes y criterios de aprobación diferente, como se muestra en la tabla I.

TABLA I		
Características Estudios Revisión Webster et al(36)		
Autor	Criterios de Retorno Deportivo	Criterio de Aprobación
Graziano et al(37)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabilidad 2. Fuerza 3. Distancia de Salto 	Criterio no informado
Grindem et al(6)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2 encuestas de auto reporte de funcionalidad (KOS-ADLS y GRS) 2. Fuerza de cuádriceps 3. 4 pruebas de salto (salto simple, salto triple, salto 	LSI≥90%

	triple cruzado y tiempo de salto de 6 mts)	
Kyritsis et al(7)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fuerza de Cuádriceps 2. 3 pruebas de Salto (Salto simple, salto triple, salto triple cruzado) 3. Running T-Test 4. Cumplimiento etapa de rehabilitación de retorno deportivo 	<p>Déficit de cuádriceps <10%</p> <p>LSI >90% para las pruebas de salto</p> <p>Running T-Test <11 seg.</p> <p>Cumplimiento etapa de Rh de retorno deportivo</p>
Sousa et al(38)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fuerza de cuádriceps e isquiotibiales a 60 y 180°/seg 2. 3 pruebas funcionales (Salto vertical, salto simple, salto triple) 	<p>LSI ≥85% para las pruebas de fuerza y ≥90% para las pruebas funcionales</p> <p>Aprobación de 6 de los 7 criterios</p>
Wellsandt et al(39)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fuerza de cuádriceps 2. 4 pruebas de salto (salto simple, salto triple, salto triple cruzado y tiempo de salto 6 mts) 	LSI ≥90%

Fuente: Información basada en el estudio de Webster et al(36)

Queda claro que los criterios utilizados para determinar el retorno al deporte son variados, estos son: evaluación de fuerza, agilidad, autopercepción de función, cumplimiento de etapas de rehabilitación, otros y que incluso en un mismo criterio se utilizan diferentes juicios de aprobación (déficit de fuerza de menor a 10 o 15%). Por otro lado, todas los estudios a la fecha se han centrado en evaluar el riesgo de lesión con la aprobación o no de un grupo de pruebas, pero no la utilidad de una prueba en específico(36,40) o en comparación con otras.

Evaluación muscular como criterio de retorno deportivo

Al existir una lesión y un proceso de reparación de una estructura estabilizadora de rodilla como es el LCA, se considera que la musculatura cumple un rol importante para lograr una adecuada estabilidad articular, sin embargo, dada la alteración muscular que se genera por la obtención del injerto y por el proceso de reposo de la extremidad previamente y posterior a la cirugía, se han descrito déficit de fuerza de cuádriceps durante los primeros 6 meses cercana al 24-50% dependiendo de la técnica quirúrgica(41), y déficit que pueden perdurar hasta 5 años post reconstrucción(42). Por esto, se ha considerado la evaluación de fuerza como uno de los parámetros claves para medir resultados de la rehabilitación y determinar el momento de retorno deportivo con un menor riesgo de lesión del injerto(6,7,33,43) (Tabla 1).

La evaluación de isquiotibiales y la relación de fuerza de estos respecto a cuádriceps (relación isquiotibial/cuádriceps) es un criterio de evaluación debido a que ambos

generan fuerzas de deslizamiento de la tibia respecto al fémur, generando en el caso del cuádriceps fuerzas de deslizamiento anterior de la tibia y, por lo tanto, aumento de tensión sobre el LCA y en el caso de los isquiotibiales, fuerzas de deslizamiento posterior que disminuirían la tensión sobre el LCA. Una relación I/C elevada implicaría un desbalance entre estos dos músculos y un aumento de las fuerzas de deslizamiento anterior en actividades de co-contracción muscular como la marcha como se muestra en la figura 1.

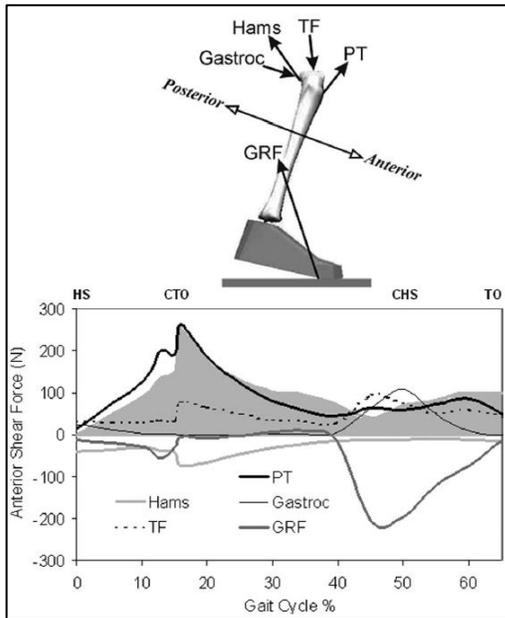


Fig. 1. Se muestran las fuerzas que actúan sobre la tibia durante las fases de la marcha de HS (contacto de talón), CTO (pre-swing contralateral), CHS (contacto de talón contralateral) y TO (pre-swing). El área sombreada muestra las fuerzas totales sobre la tibia. En el esquema y en la gráfica se muestra como los isquiotibiales generan fuerzas de deslizamiento posterior y cuádriceps, a través del tendón patelar, genera fuerzas de deslizamiento anterior de la tibia en relación con el fémur. Tomado de Shelbourn et al 2005(44)

La prueba de oro para la evaluación del rendimiento muscular es la evaluación de fuerza máxima de cuádriceps e isquiotibiales en equipos isocinéticos. Se establece como criterio de aprobación de forma empírica un déficit menor o igual a un 10-15%(45), con respecto a la rodilla contralateral, denominado Índice de Simetría de la Extremidad (LSI por sus siglas en inglés *Limb Symmetry Index*) y una relación isquiotibial/cuádriceps (I/C) de un 57% en el caso de las mujeres y un 65% en el caso de los hombres(21,46), sin embargo, la evidencia no es concluyente y la forma de expresar los resultados tampoco lo es, informado otros autores el rendimiento muscular normalizado por el peso corporal (tabla II).

TABLA II Evaluación Muscular Isocinética			
Evaluación	Prueba de Oro	Medición	Criterio de Aprobación
Fuerza Muscular	Evaluación Isocinética	Evaluación del torque máximo de cuádriceps e isquiotibiales a 60°, 180°/seg. y la relación entre estos músculos (I/C)	Déficit de fuerza máxima menor a 10%-15%

Fuente. Información basada en el estudio de Undheim et al(47)

III.- PREGUNTA, OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS.

Pregunta Orientadora

¿Es el déficit de fuerza de los estabilizadores de rodilla un factor de riesgo de relesión de rodilla, por sí solo, al retornar al deporte en pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior?

Objetivo General

Comprobar si el déficit de fuerza es un factor de riesgo de relesión de rodilla, por sí solo, en los pacientes que retornan al deporte posterior a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

Objetivos Específicos

Analizar si el déficit de fuerza de cuádriceps, por sí solo, se relaciona con una mayor incidencia de relesión de rodilla, posterior a la reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

Analizar si el déficit de fuerza de isquiotibiales, por sí solo, se relaciona con una mayor incidencia de relesión de rodilla, posterior a la reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

Analizar si la alteración de la relación Isquiotibial/Cuádriceps, por sí solo, se relaciona con una mayor incidencia de lesión de rodilla, posterior a la reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

IV.- METODOLOGIA Y MÉTODOS

Se realizó una revisión descriptiva de la literatura científica, con una búsqueda amplia en diferentes bases de datos atinentes al área de rehabilitación musculoesquelética y deportiva en general.

Se incluyeron para la revisión artículos en población de pacientes con reconstrucción primaria de LCA, que se hubiese realizado evaluación muscular de cuádriceps o isquiotibiales como criterio de retorno deportivo y que se realizara la asociación con la incidencia de lesión del injerto, LCA contralateral o se describa lesión de rodilla. Para la lectura de texto completo se excluyeron los artículos que cumplieran cualquiera de los criterios de exclusión detallados más adelante.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron en el análisis aquellos estudios que evalúen la asociación entre el déficit de fuerza de cuádriceps y/o isquiotibiales y la incidencia de lesión del injerto en pacientes sometidos a reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

Se excluyeron:

- Estudios en pacientes con revisión de cirugía de LCA.
- Estudios que incluyeran pacientes con lesión de cualquiera de las extremidades inferiores en el último año.
- Estudios que incluyeran pacientes con procedimientos de reconstrucción de otros ligamentos, diagnóstico asociado de esguince grado III y cirugías meniscales asociadas que impidieran el cumplimiento de las etapas de rehabilitación.
- Estudios publicados en idiomas diferentes al inglés y español

Fuentes de información

Se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos electrónicas de literatura científica: Pubmed/MEDLINE, Embase, CINAHL y SPORTDiscus. Se realizó búsqueda de literatura gris en bases de datos como Open Grey, revistas electrónicas relacionadas, registros de congresos internacionales y contacto con expertos. La búsqueda de información se realizó de los artículos publicados desde la fecha más temprana posible hasta el 21 de septiembre de 2019.

Estrategia de búsqueda

Los términos de búsqueda se ingresaron bajo tres conceptos de acuerdo con la estrategia PICoR (Anexos, tabla V); los términos dentro de cada concepto se combinaron con el operador booleano OR y los tres conceptos se combinaron con el operador booleano AND. En la medida de lo posible, los términos se asignaron a los encabezados de temas médicos (MeSH) y se realizaron búsquedas mediante palabras clave; También se utilizaron comodines. Los ejemplos de términos incluidos en el Concepto 1 incluían la "reconstrucción del ligamento cruzado anterior" (anterior cruciate ligament reconstruction), "ligamento cruzado anterior" (anterior cruciate ligament) y la "lesión del ligamento cruzado anterior" (anterior cruciate ligament injury). Los ejemplos de términos incluidos en el Concepto 3 incluyeron "reoperación" (reoperation), "factor de

riesgo" (risk factor), "retorno al deporte" (return to sport), "criterios de retorno al deporte" (return to sport criteria), "retorno al juego" (return to play) y "criterios de retorno al juego" (return to play criteria).

Para complementar la búsqueda en la base de datos electrónica, se realizaron búsquedas manuales en las páginas de contenido en línea y las listas de "artículos en prensa" de las principales revistas de medicina deportiva, y se examinaron los estudios en las listas de referencia de los estudios incluidos. Los detalles de publicación de todos los estudios identificados en la búsqueda de literatura se exportaron al software bibliográfico de apoyo de revisiones sistemáticas "covidence", que elimina automáticamente las referencias duplicadas.

Se muestra el ejemplo de la estrategia de búsqueda en la base de datos Pubmed/MEDLINE:

```
((((((("anterior cruciate ligament") OR "Anterior cruciate ligament reconstruction") OR "Anterior cruciate ligament injury") OR "ACL") OR "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[Mesh]) OR "Anterior Cruciate Ligament"[Mesh]) OR "Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Mesh])) AND (((((((("Outcome assessment") OR "Isokinetic evaluation") OR "Isokinetic testing") OR "muscle strength") OR "muscle strength dynamometer") OR "Quadriceps strength") OR "Outcome Assessment (Health Care)"[Mesh]) OR "Muscle Strength"[Mesh]) OR "Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])) AND (((((((((((("Reoperation") OR "Return to competition") OR "Return to sport") OR "Return to play") OR "Sport re-entry") OR "Return to play criteria") OR "Return to sport criteria") OR "Recurrence") OR "Reinjury") OR "Risk Factors") OR "Second injury") OR "Reoperation"[Mesh]) OR "Return to Sport"[Mesh]) OR "Recurrence"[Mesh]) OR "Risk Factors"[Mesh])
```

Registros de estudios

El registro de datos se realizó con la utilización de un formulario estándar. Se extrajeron de los artículos el diseño del estudio, el tamaño muestral, el tiempo de seguimiento de los pacientes, el instrumento de medición, la forma de evaluación de rendimiento muscular, los grupos musculares evaluados, la forma de medición de la fuerza máxima (isométrica, isocinética o anisométrica), de existir medición en equipos isocinéticos se registraron las velocidades angulares en que fue realizada cada medición, el número de pacientes que presentaron lesión de injerto, lesión del ligamento cruzado anterior contralateral o lesión de otra estructura de rodilla. Se registraron también las medidas de asociación utilizadas (por ejemplo, *odd ratio*, *hazar ratio* o riesgo relativo) para determinar la asociación entre rendimiento muscular e incidencia de lesión del injerto y si existió publicación de los protocolos de los estudios (Anexos, tabla VI).

El proceso de selección fue realizado por dos revisores independientes quienes analizaron los títulos y resúmenes de los artículos. El proceso de elegibilidad se llevó a cabo por un revisor. Se realizaron dos reuniones de coordinación para aunar criterios y adaptarse al uso del programa Covidence antes de iniciar el proceso de selección de los artículos.

V.- RESULTADOS

La búsqueda en las bases de datos electrónica identificó 1251 artículos; tres artículos fueron identificados en la búsqueda manual en listado de referencia y revistas especializadas. 821 artículos formaron parte de la etapa de cribado luego de remover 443 artículos duplicados. Después de la lectura de títulos y resúmenes 779 artículos fueron excluidos y 42 artículos pasaron a la etapa de elegibilidad con lectura a texto completo. 40 artículos fueron excluidos por no ser realizados en pacientes con reconstrucción primaria de LCA, por no evaluar la incidencia de lesión de rodilla, por no evaluar la fuerza o por no presentar información diferenciada de asociación entre fuerza y riesgo de relesión. No se consideraron 4 artículos que cumplían los criterios de inclusión, pero que incluían la evaluación muscular dentro de una batería de pruebas de retorno deportivo y no entregaban la información diferenciada de asociación entre déficit de fuerza y riesgo de relesión y a la fecha no ha sido posible contactar a los autores para conseguir esa información.(37-39,48). Finalmente se incluyeron dos estudios para la extracción de datos e incorporación final en el proceso de revisión. Ambos incorporan también la evaluación de fuerza en un grupo de criterios de retorno deportivo, pero ambos entregan la información de asociación entre déficit de fuerza y riesgo de relesión de rodilla de manera diferenciada(6,7)(Fig. 2).

Un artículo seleccionado fue el de Grindem et al(6), que realizaron un seguimiento por 2 años a 106 pacientes con reconstrucción de LCA, pertenecientes al brazo noruego (n=150) de la cohorte de Delaware-Oslo (n=300). Incluyeron pacientes con lesión unilateral de LCA confirmada por RM y una diferencia ≥ 3 mm lado a lado evaluada por KT-1000, con edad entre 13 y 60 años y que participaron en deportes tipo I y II previo a la lesión al menos dos veces por semana. Se excluyeron pacientes con una lesión actual o anterior en la rodilla contralateral, lesión anterior o lesión actual ligamentosa grado III, fracturas o defecto condral de espesor total en la rodilla índice. Se utilizó injerto autólogo hueso-tendón-hueso o de isquiotibiales durante la cirugía. La rehabilitación posterior a la cirugía se realizó en 3 fases y fue programada de acuerdo con las posibles lesiones concomitantes. Se realizó un seguimiento con encuesta en línea desde el primer mes posterior a la cirugía para informar el inicio de la participación deportiva. El registro de lesión se reportó por la misma encuesta en línea y en los seguimientos clínicos a los 6, 12 y 24 meses posterior a la cirugía. Como criterio de retorno deportivo utilizaron el torque máximo de cuádriceps, 4 pruebas de salto y 2 encuestas de auto reporte.

El torque máximo de cuádriceps se evaluó de manera concéntrica a 60°/seg en un equipo isocinético (Biodex 6000, Biodex Medical Systems, Shirley, Nueva York, EE. UU.). Se realizaron cuatro ensayos de práctica submáximos, seguidos por un minuto de descanso antes de registrar cinco repeticiones de esfuerzo máximo. El objetivo fue determinar la asociación entre la no aprobación de los criterios de retorno deportivo (incluido el rendimiento muscular) y la incidencia de lesión de rodilla, esto incluye lesión del injerto, lesión de LCA contralateral, lesión meniscal, lesión de ligamento colateral medial, lesión condral y patelo femoral bilateral.

Kyritsis et al(7), realizaron por su parte el seguimiento prospectivo con un mínimo de 6 meses a una cohorte de 158 atletas profesionales con reconstrucción de LCA, no se informa el promedio o rango de edad de los pacientes. Se utilizó injerto autólogo de hueso-tendón-hueso o isquiotibiales. Evaluaron la asociación entre el riesgo de lesión y la aprobación de seis pruebas de retorno deportivo (torque máximo de cuádriceps a 60°/seg, test de salto monopodal simple, salto monopodal triple, salto monopodal triple cruzado, running T-test y el cumplimiento de una etapa específica de rehabilitación

deportiva). Realizaron además la medición de fuerza de cuádriceps e isquiotibiales informando los resultados de la evaluación de fuerza en términos de torque máximo normalizado por peso corporal, potencia media y la relación I/C.

La evaluación se realizó de manera concéntrica con cinco repeticiones de flexo-extensión de rodilla a velocidad angular de 60°/seg y 180°/seg y 20 repeticiones a 300°/seg en un equipo isocinético Biodex (Sistema 4, Biodex Medical Systems, Shirley, Nueva York, EE. UU.). Se informó la incidencia de lesión como lesión exclusiva del injerto de LCA.

Tabla III		Características de los Estudios			
Autor	Tamaño de muestra	Edad (años)	Nivel deportivo	Tipo de injerto	Tiempo de Seguimiento
Grindem et al(6)	N=100 54 mujeres 46 hombres	24.3	Nivel I o II Fútbol=53 Balonmano=30 Básquetbol=6 Unihockey=11	Autólogo ST-G=67 Autólogo HTH=33	Mínimo 2 años desde la cirugía
Kyritsis et al(7)	N=158 158 hombres	21 a 22	Deportistas profesionales de Qatar Fútbol=105 Balonmano=21 Otros=32	Autólogo ST-G=108 Autólogo HTH=50	Mínimo 6 meses desde el retorno al deporte. (x=786 días)

TABLA IV		Evaluación de Fuerza Muscular y Relesión			
Autor	Tipo de evaluación muscular	Grupo Muscular	Protocolo de Evaluación	Criterio de Aprobación	Evaluación de relesión
Grindem et al(6)	Evaluación isocinética de torque máximo concéntrico a 60°/seg	Cuádriceps	4 ensayos de prueba sub máximos seguidos por 1 minuto de descanso y luego 5 registros de esfuerzo máximo.	LSI ≥90%	Encuesta de seguimiento, examen clínico a los 6, 12 y 24 meses
Kyritsis et al(7)	Evaluación isocinética de torque máximo	Cuádriceps e Isquiotibiales	5 registros de esfuerzo máximo a 60 y 180°/seg y	LSI ≥90%	Control de lesiones por programa

	concéntrico normalizado por peso corporal, potencia media y relación I/C a 60, 180,300°/seg		20 registros de esfuerzo máximo a 300°/seg		único de atención
--	---	--	--	--	-------------------

Asociación entre el déficit de fuerza cuádriceps e incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA

Kyritsis et al(7), no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de cuádriceps entre el grupo de pacientes que presentó lesión del injerto y quienes no, informando un déficit de torque máximo normalizado por peso corporal de 9% Y 8% respectivamente.

Grindem et al(6), encontraron diferencia con significancia estadística en la incidencia de lesión de rodilla asociado al déficit de torque máximo de cuádriceps, con un índice de simetría promedio de 84%+-15.2 desviaciones estándar para el grupo sin lesión y un 75.0%+-16.7 desviaciones estándar para el grupo que presento lesión (HR 0.97, IC 95% 0.94 – 0.99; p=0.03), esto quiere decir que por cada punto de aumento en la simetría disminuye un 3% de riesgo de lesión.

Asociación entre el déficit de fuerza isquiotibiales e incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA

Kyritsis et al(7), han sido los únicos en publicar datos respecto a la relación entre el déficit de isquiotibiales y la asociación con lesión del injerto de LCA, otros autores (37,38) incorporan la evaluación de isquiotibiales entre sus criterios de retorno deportivo y han determinado la asociación con lesión de rodilla, pero no han publicado los resultados aislados del rendimiento de isquiotibiales y riesgo de relesión. En su estudio no fue utilizado como criterio de retorno deportivo, pero informan los resultados como parte de los resultados entregados al realizar la evaluación muscular isocinética, además de la importancia teórica de considerar el rendimiento de los isquiotibiales dado que son estabilizadores dinámicos de la translación anterior de la tibia y, por lo tanto, agonistas del LCA.

Kyritsis et al, encontraron diferencia entre el grupo que presento lesión del injerto y el que no presentó lesión del injerto, en el torque máximo de isquiotibiales normalizado por peso corporal a 60°/seg (159 versus 172 Nm/Kg, p=0.05) y 300°/seg (118 versus 128 Nm/Kg, p=0.04). La potencia media de isquiotibiales también mostró diferencia entre grupos a 60°/seg (79 versus 91 W, p=0.006), a 180°/seg (154 versus 173 W, p=0.03) y a 300°/seg (148 versus 171 W, p=0.02), aunque en el modelo de regresión de Cox que realizaron no fue considerado como un factor de riesgo de lesión del injerto.

Asociación entre la alteración de la relación isquiotibial/cuádriceps e incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA

Estudios previos han evaluado la asociación de una baja relación I/C y la incidencia de lesión primaria de LCA(49,50) encontrando un mayor riesgo de lesión en el grupo de pacientes que presentan una relación I/C disminuida. En nuestra revisión solo el estudio de Kyritsis et al(7) ha evaluado asociación entre la relación isquiotibial/cuádriceps y la incidencia de lesión de rodilla posterior a la reconstrucción de LCA. A velocidad angular de 60°/seg encontraron una relación I/C menor en el grupo de pacientes que presentó lesión del injerto, en comparación al grupo que no presentó lesión (53% versus 58%, respectivamente). En este estudio se presentaron los resultados de un modelo de regresión de Cox identificando la relación I/C como un factor de riesgo para una ruptura del injerto de LCA, en este sentido los pacientes con una relación I/C más baja tenían un mayor riesgo de lesión del injerto (HR 10,6 por diferencia del 10%, IC 95% 10,2 – 11; p=0,005).

VI. DISCUSION

La determinación del criterio para definir si el déficit de fuerza es significativo también es controversial. Wellsandt et al(39), demostraron que la comparación post operatoria con la extremidad no involucrada tiene una menor sensibilidad y especificidad para el riesgo de relesión, que realizar la comparación con la rendimiento pre operatorio de la extremidad no involucrada, por lo tanto, la medición del índice de simetría habitual podría sobre estimar el rendimiento muscular de cuádriceps. Paterno et al(48) a su vez encontraron que la utilización del criterio de aprobación de un 90% en la prueba de salto triple monopodal es insuficiente, encontrando un mayor riesgo de relesión de LCA con un índice de simetría de la extremidad menor a 98.5%. Si bien este resultado se obtuvo midiendo otro tipo de prueba, su extrapolación nos permite cuestionar al menos la utilización empírica de un índice de simetría de 90% para la evaluación muscular, siendo necesarios estudios que evalúen esta variable.

Los resultados observados(7) son concordantes con la consideración de los isquiotibiales como estabilizadores de rodilla especialmente logrando estabilizar el desplazamiento anterior de la tibia y actuando de esta manera como agonistas activos del ligamento cruzado anterior y protectores de este. El déficit de isquiotibiales de la extremidad intervenida puede considerarse un factor de riesgo, lo que concuerda con lo encontrado por Kyritsis et al(7). De la misma forma una relación I/C menor implica un desbalance en los estabilizadores de rodilla y un aumento del vector de desplazamiento anterior generado por el cuádriceps en relación con el control del desplazamiento anterior generado por los isquiotibiales, lo que concuerda con el análisis de los mismos autores. No hay estudios que permitan comparar estos resultados, pero son concordantes con estudios de lesión primaria de LCA que establecen que un aumento del torque de cuádriceps en relación a los isquiotibiales es un factor de riesgo para lesión primaria de LCA(49,50).

Los resultados de Grindem et al, muestran que la evaluación de fuerza de cuádriceps deben incluirse en los protocolos de evaluación de reintegro deportivo. Aunque cuádriceps pueda considerarse como un antagonista del ligamento cruzado anterior, por la tensión que generaría sobre el LCA dado el vector de desplazamiento anterior que genera, estudios previos han demostrado que el déficit de fuerza de cuádriceps está asociado con la biomecánica asimétrica de la rodilla durante el salto(51) y esto a su vez se ha determinado como un factor de riesgo de relesión de LCA(52).

Existe un número escaso de investigaciones que hayan estudiado la asociación entre la aprobación de criterios de retorno deportivo y el riesgo de relesión al volver al deporte después de una cirugía de LCA, lo cual influyó en comprobar el propósito de esta revisión. Webster et al (36) solo incorporó cinco estudios primarios para determinar esta asociación y Losciale et al(40) solo cuatro. Las dos revisiones coincidieron en la evaluación del resultado riesgo de lesión del injerto, encontrando en ambos casos una disminución del riesgo de lesión asociado a la aprobación de los criterios, sin embargo, en sus conclusiones los dos autores coinciden en la necesidad de evaluar cada prueba de forma individual.

De acuerdo con la evidencia disponible ha sido difícil encontrar estudios primarios que informen específicamente los resultados de la influencia de la variable rendimiento muscular para el retorno al deporte y el riesgo de relesión asociado. Todos los estudios que midieron la asociación entre rendimiento muscular y riesgo de relesión dentro de una batería de variables medidas, por lo cual, es difícil cuantificar su influencia individual.

VII.- CONCLUSION

En base a la información obtenida podemos concluir que la utilización del rendimiento muscular es una opción válida para determinar el riesgo de relesión de rodilla en pacientes que retornan al deporte después de una reconstrucción de LCA, tanto la evaluación de cuádriceps, isquiotibiales y la relación I/C. Pareciera que la relación I/C es particularmente importante para mantener en equilibrio las fuerzas que interactúan sobre el deslizamiento de la tibia y, por lo tanto, sobre la tensión que puede recibir el LCA.

Es importante destacar que esta conclusión es en base al resultado de solo dos estudios y es necesario un mayor número de investigaciones para poder dar mayor validez a estas conclusiones.

El instrumento determinado como prueba de oro para realizar la evaluación muscular siguen siendo los equipos isocinéticos, lo que se reafirma en los estudios incluidos (6,7) y que es concordante con la revisión sistemática de Burgi et al(32). Estas investigaciones han determinado que el criterio de retorno deportivo utilizados con mayor frecuencia es la evaluación muscular (41% de los estudios) y que en un 58% de los casos esta evaluación se realiza con equipos isocinéticos. La evaluación isocinética es considerada el método más objetivo de medición de fuerza máxima voluntaria, pero es importante incorporar en los estudios mediciones de mayor acceso, como el cálculo de 1 RM (1 repetición máxima) que permitan incorporar este tipo de evaluación en los diferentes niveles de atención clínica.

Seguir un protocolo de evaluación que sea reproducible en los diferentes estudios resulta primordial para poder realizar el proceso de comparación. Existen algunas propuestas de protocolos de evaluación como el de Undheim et al(47) que plantean determinar el rendimiento muscular en equipos isocinéticos de manera concéntrica para cuádriceps e isquiotibiales a una velocidad angular de 60°/seg con 5 repeticiones y determinando el torque máximo, aunque la normalización por peso corporal es necesaria para realizar comparaciones poblacionales. Sin embargo, la aplicabilidad clínica de este tipo de evaluaciones sigue siendo controversial dada la dificultad de acceso a este tipo de instrumentos, particularmente por problemas de accesibilidad.

Respecto al objetivo general de la revisión se logra concluir que existe asociación entre el déficit en rendimiento de cuádriceps y el riesgo de lesión de LCA, sin embargo, no por sí solo. De los resultados encontrados en los estudios de Grindem et al(6) y Kyritsis et al(7) podríamos estimar un efecto sumatorio del déficit de cuádriceps en conjunto con otras pruebas de rendimiento físico para determinar el riesgo de lesión. Resulta importante definir también si la exigencia de déficit menor a 10 o 15% puede resultar poco exigente. Paterno et al(48) identificaron que utilizar un índice de simetría menor a 98.5% en las pruebas de salto logra ser, junto a otras variables, un buen predictor de riesgo de relesión.

Finalmente, se requieren un mayor número de estudios primarios que estén orientados específicamente a la evaluación del riesgo de lesión del injerto de LCA, asociado al déficit de fuerza de la musculatura estabilizadora de rodilla, así como a determinar la sensibilidad y especificidad de estas pruebas para predecir el riesgo de lesión del injerto. Rambaud et al(11) publicaron un protocolo de un estudio prospectivo que se encuentra en desarrollo y que podría ayudar a entregar mayor información al respecto.

Limitaciones

Una limitación de esta revisión es la poca disponibilidad de estudios que evalúen la directamente la asociación entre el déficit de fuerza muscular y la incidencia de lesión de rodilla, especialmente estudios que evalúen el déficit de isquiotibiales y la relación de este con cuádriceps. La incorporación de la evaluación de fuerza en una batería de pruebas de retorno deportivo hace que no siempre sea posible acceder a la información específica.

Controlar la exposición al riesgo, en cuanto al tiempo de entrenamiento y presencia competitiva es algo no controlado en los estudios analizados.

La diferencia en el tiempo de seguimiento también influye en que los resultados deban evaluarse con cautela. En el estudio de Kyritsis et al, existe variación en el tiempo final de seguimiento a los pacientes, lo que puede influir en la expresión de la incidencia de relesión. Además, se debe considerar que, si bien un seguimiento de 2 años pareciera suficiente para la expresión de la incidencia de relesión, pueden existir otras variables que influyan sobre la relesión en un periodo mayor de seguimiento. También es necesario preguntarse si considerar un déficit de fuerza medido con mucha anterioridad es relevante en un paciente que lleve tiempo expuesto al riesgo de lesión. Por ejemplo, si un paciente se vuelve a lesionar durante sus primeros juegos / partidos después de volver a jugar, sería lógico ver si él pasó la prueba RTS o no. Sin embargo, si un jugador ha regresado con éxito al juego y ha jugado durante al menos dos temporadas completas, puede no ser significativo relatar una lesión que ocurre después de este momento y volver a una prueba de déficit de fuerza que ocurrió muchos años antes.

Proyecciones

La proyección clínica esperada de esta revisión fue principalmente definir si la evaluación muscular es un factor relevante y, por lo tanto, importante de realizar en los pacientes con reconstrucción de LCA que quieren retornar al deporte. Dados los resultados podemos decir que es prudente mantener la tendencia de incorporar la evaluación de fuerza en la evaluación de los resultados del proceso de rehabilitación, siguiendo las directrices propuestas para hacer comparables los resultados con los estudios publicados.

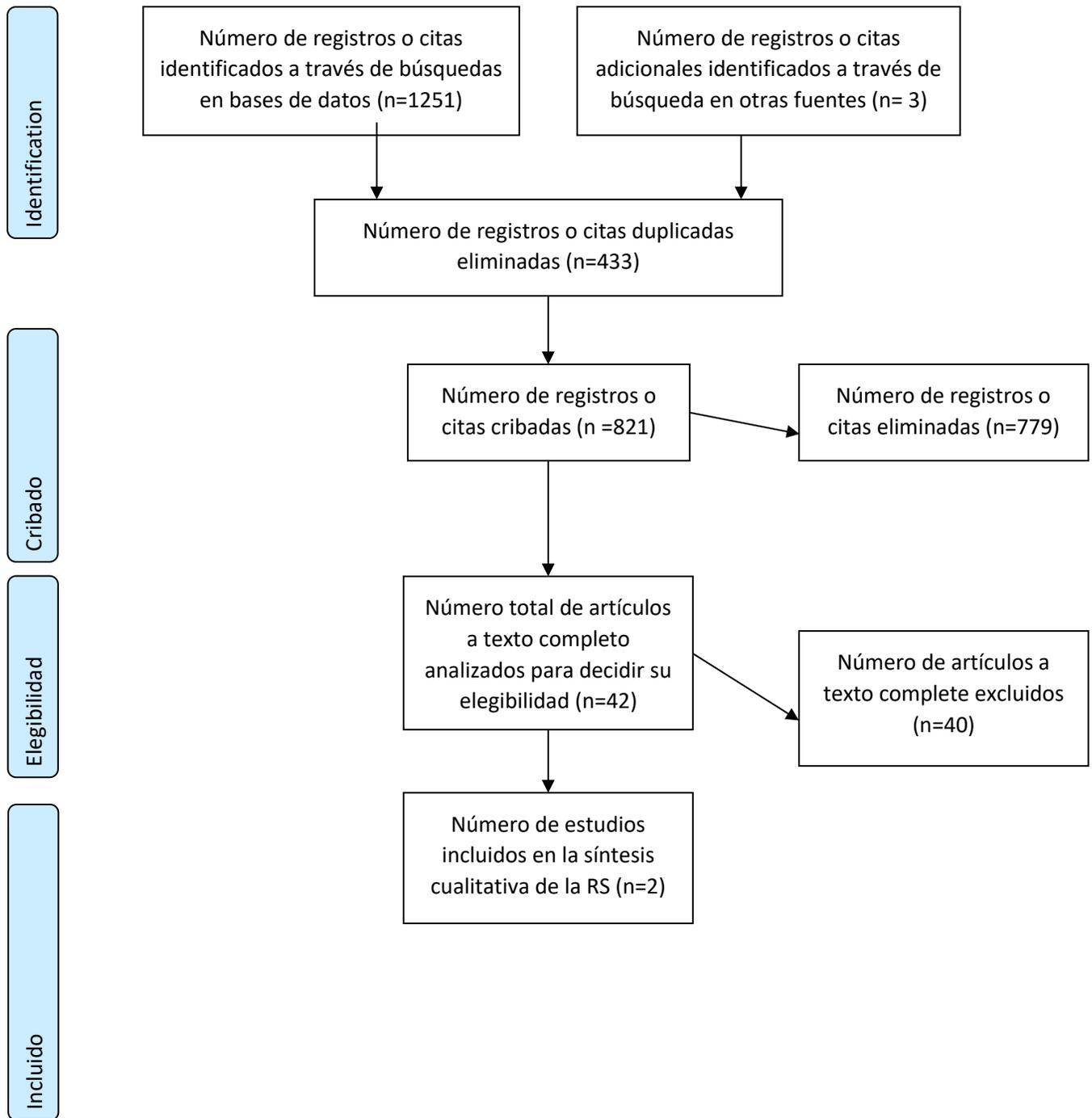
La determinación del déficit muscular como un factor de riesgo de relesión en estos pacientes, hace que sea importante incorporar durante las diferentes etapas del proceso de rehabilitación el concepto de normalización del rendimiento muscular, considerando también los déficits esperados dependiendo del tipo de injerto y zona dadora. Además del énfasis de la normalización del rendimiento muscular, es importante incorporar la evaluación objetiva de este. Independiente del método o herramienta utilizada es importante determinar desbalances musculares entre los grupos flexor y extensor y respecto a la extremidad contralateral.

Si bien este tipo de lesiones es más frecuente verlas en centros especializados en lesiones deportivas o de abordaje posterior a cirugías, es importante que se masifiquen estos conceptos y puedan incorporarse en centros de atención primaria, donde en algunos casos los pacientes pueden realizar la fase final de su proceso de rehabilitación y justamente ser estos lugares los encargados de apoyar el proceso de determinar el momento adecuado para el retorno deportivo.

VIII.- ANEXOS.

Tabla V	ESTRATEGIA PICoR		
PICOR		TERMINO LIBRE	TERMINO MESH
P	Pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior	"Anterior cruciate ligament reconstruction" Anterior cruciate ligament injuries Anterior cruciate ligament/surgery ACL "anterior cruciate ligament"	"Anterior cruciate ligament reconstruction" "anterior cruciate ligament" "anterior cruciate ligament injuries" "anterior cruciate ligament/surgery"
I	Evaluación de fuerza	Functional performance testing Outcome assessment Isokinetic evaluation Isokinetic testing "muscle strength" "muscle strength dynamometer" Quadriceps strength Recovery of function	"outcome assessment" "muscle strenght" "muscle strenght dynamometer" "recovery of funtion"
Co			
R	Ruptura del injerto	Reoperation Return to competition Return to sport Return to sport criteria Return to play Sport re-entry Return to play criteria "Recurrence" Reinjury Risk Factors Second injury	"Reoperation" "return to sport" "recurrence" "risk factors"

Fig. II Diagrama de Flujo.



Evaluación de Calidad (Riesgo de sesgo)														
Tabla VI	1) Objetivo de la Investigación	2) O2) Oblación de estudio	3) Participación $\geq 50\%$	4) Criterios de inclusión/exclusión	5) Poder de análisis	6) Medición de exposición	7) Plazo de seguimiento razonable	8) Niveles de Exposición	9) Definición de medida de exposición	10) Evaluación de exposición	11) Definición de medidas de resultado	12) Selección de evaluadores de resultados	13) Pérdida $\leq 20\%$	14) Medición variable de confusión
Estudio														
Grinde m et al	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	✓	✓	✓	ND	✓	✓
Kyritsis et al	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	✓	X	✓	ND	✓	✓

IX.- REFERENCIAS:

1. Saltzman BM, Cvetanovich GL, Nwachukwu BU, Mall NA, Bush-joseph CA, Bach BR. Economic Analyses in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Qualitative and Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2015;44(5):1329-35.
2. Sanders TL, Kremers HM, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, et al. Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears and Reconstruction. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-7.
3. Frobell RB, Roos HP, Roos EM, Roemer FW, Ranstam J, Lohmander LS. Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *Br Med J [Internet].* 24 de enero de 2013;24(346):1-12.
4. Mather III RC, Koenig L, Kocher MS, Dall TM, Gallo P, Scott DJ, et al. Societal and Economic Impact of Anterior Cruciate Ligament Tears. *J bone Jt Surg.* 2013;95:1751-9.
5. Schilaty ND, Bates NA, Sanders TL, Krych AJ, Stuart MJ, Hewett TE. Incidence of Second Anterior Cruciate Ligament Tears (1990-2000) and Associated Factors by Geographic Locale. *Am J Sports Med.* 2017;45(7):1567-73.
6. Grindem H, Snyder-Mackler, Lynn Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules reduce reinjury risk after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med.* 2016;50(13):804-8.
7. Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *Br J Sports Med.* 2016;50:946-51.
8. Paterno M V, Flynn K, Thomas S, Schmitt LC. Self-Reported Fear Predicts Functional After ACL Reconstruction and Return to Sport: A Pilot Study. *Sports Health.* 2018;10(3):228-33.
9. Czuppon S, Racette B, Klein S, Harris-Hayes M. Variables Associated With Return to Sport Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Br J Sports Med.* 2014;48(5):356-64.
10. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1861-76.
11. Rambaud AJM, Semay B, Samozino P, Morin J, Testa R, Philippot R, et al. Criteria for Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament reconstruction with lower reinjury risk (CR ' STAL study): protocol for a prospective observational study in France. *BMJ Open.* 2017;7:1-10.
12. Rambaud AJM, Ardern CL, Thoreux P, Regnaud J, Edouard P. Criteria for return for running after anterior cruciate ligament reconstruction : a scoping review. *Br J Sports Med.* 2018;0:1-9.
13. Grindem H, Eitzen I, Engebretsen L, Snyder-Mackler L, Risberg M. Nonsurgical or Surgical Treatment of ACL Injuries : *J bone Jt Surg.* 2014;96(15):1233-41.
14. Marumo K, Saito M, Yamagishi T, Fujii K. The " Ligamentization " Process in Human Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Autogenous Patellar and Hamstring Tendons. *Am J Sports Med.* 2005;33(8):1166-73.

15. Claes S, Verdonk P, Forsyth R, Bellemans J. The " Ligamentization " Process in ACLR: What Happens to the human graft? A systematic review of the literature. *Am J Sports Med.* 2011;39(11):2476–83.
16. Scheffler SU, Unterhauser FN, Weiler A. Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2008;16:834–42.
17. Biedert R, Zwick E. Ligament-muscle reflex arc after anterior cruciate ligament reconstruction: electromyographic evaluation. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1998;118:81–4.
18. Bali K, Prabhakar S, Dhillon M. Proprioception in anterior cruciate ligament deficient knees and its relevance in anterior cruciate ligament reconstruction. *Indian J Orthop [Internet].* 2011;45(4):294.
19. Young SW, Valladares RD, Loi F, Dragoo JL. Mechanoreceptor Reinnervation of Autografts Versus Allografts After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J os Sport Med.* 2016;4(10):1–5.
20. Kosy JD, Mandalia VI. Anterior Cruciate Ligament Mechanoreceptors and their Potential Importance in Remnant-Preserving Reconstruction: A Review of Basic Science and Clinical Findings. *J Knee Surg.* 2018;31(8):736–46.
21. Wright RW, Haas AK, Anderson J, Calabrese G, Cavanaugh J, Hewett TE, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: MOON Guidelines. *Sports Health.* 2014;7(3):239–43.
22. Wright R, Preston E, Fleming B, Amendola A, Andrish JT, Bergfeld JA, et al. ACL Reconstruction Rehabilitation: A Systematic Review Part I. *J Knee Surg.* 2008;21(3):217–24.
23. Wright R, Preston E, Fleming B, Amendola A, Andrish JT, Bergfeld JA, et al. ACL Reconstruction Rehabilitation: A Systematic Review Part II. *J Knee Surg.* 2008;21(3):225–34.
24. Jewiss D, Ostman C, Smart N. Open versus Closed Kinetic Chain Exercises following an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction : A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Sports Med.* 2017;2017(1):10.
25. Shelbourne D, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990;18(3):292–9.
26. Barrett GR, Luber K, Replogle WH, Manley JL. Allograft anterior cruciate ligament reconstruction in the young, active patient: Tegner activity level and failure rate. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg [Internet].* 2010;26(12):1593–601.
27. Beynnon B, Johnson R, Fleming B, Kannus P, Kaplan M, Samani J, et al. Anterior cruciate ligament replacement: Comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Jt Surg - Ser A [Internet].* 2002;84(9):1503–13.
28. Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, Irrgang JJ. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: A preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2008;36(7):1263–74.
29. Marcacci M, Zaffagnini S, Giordano G, Iacono F, Presti M Lo. Anterior cruciate ligament reconstruction associated with extra-articular tenodesis: A prospective clinical and radiographic evaluation with 10- to 13-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2009;37(4):707–14.
30. Mascarenhas R, Tranovich M, Karpie JC, Irrgang JJ, Fu FH, Harner CD. Patellar

tendon anterior cruciate ligament reconstruction in the high-demand patient: Evaluation of autograft versus allograft reconstruction. *Arthrosc - J Arthrosc Relat Surg* [Internet]. 2010;26(9 SUPPL. 1):S58-66.

31. Zaffagnini S, Bruni D, Marcheggiani Muccioli GM, Bonanzinga T, Lopomo N, Bignozzi S, et al. Single-bundle patellar tendon versus non-anatomical double-bundle hamstrings ACL reconstruction: A prospective randomized study at 8-year minimum follow-up. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2011;19(3):390-7.
32. Burgi CR, Peters S, Ardern CL, Magill JR, Gomez CD, Sylvain J, et al. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. *Br J Sports Med*. 2019;53(18):1154-61.
33. Barber-Westin SD, Noyes FR. Objective Criteria for Return to Athletics After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Subsequent Reinjury Rates: A Systematic Review. *Physician Sport Med*. 2011;39(3):100-10.
34. Burland JP, Toonstra J, Werner JL, Mattacola CG, Howell DM, Otr L, et al. Decision to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part I: A Qualitative Investigation of Psychosocial Factors. *J Athl Train*. 2018;53(5):452-63.
35. Losciale JM, Zdeb RM, Ledbetter L, Reiman MP, Sell TC. The association between passing return-to-sport Criteria and Second Anterior Cruciate Ligament Injury Risk, a Systematic Review with Meta-Analysis. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2018;0(0):1-52.
36. Webster KE, Hewett TE. What is the Evidence for and Validity of Return-to-Sport Testing after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med* [Internet]. 2019;49(6):917-29.
37. Graziano J, Chiaia T, De Mille P, Nawabi DH, Green DW, Cordasco FA. Return to sport for skeletally immature athletes after ACL reconstruction: Preventing a second injury using a quality of movement assessment and quantitative measures to address modifiable risk factors. *Orthop J Sport Med*. 2017;5(4):1-10.
38. Sousa PL, Krych AJ, Cates RA, Levy BA, Stuart MJ, Dahm DL. Return to sport: Does excellent 6-month strength and function following ACL reconstruction predict midterm outcomes? *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2017;25(5):1356-63.
39. Wellsandt E, Failla MJ, Snyder-Mackler L. Limb Symmetry Indexes Can Overestimate Knee Function After Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2017;
40. Losciale JM, Zdeb RM, Ledbetter L, Reiman MP, Sell TC. The association between passing return-to-sport criteria and second anterior cruciate ligament injury risk: A Systematic Review With Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2019;49(2):43-54.
41. Palmieri-Smith RM, Thomas AC, Wojtys EM. Maximizing Quadriceps Strength After ACL Reconstruction. *Clin Sports Med*. 2008;27(3):405-24.
42. Lautamies R, Harilainen A, Kettunen J, Sandelin J, Kujala UM. Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2008;16(11):1009-16.
43. Abrams GD, Harris JD, Gupta AK, McCormick FM, Bush-joseph CA, Verma NN, et al. Functional Performance Testing After Anterior Cruciate Ligament

- Reconstruction A Systematic Review. *Orthop J Sport Med.* 2014;2(1):1–10.
44. Shelburne KB, Torry MR, Pandy MG. Muscle, ligament, and joint-contact forces at the knee during walking. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):1948–56.
 45. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2011;19(11):1798–805.
 46. Kruse LM., Gray B, Wright RW. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. A systematic Review. *J bone Jt Surg.* 2012;94:1737–48.
 47. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey É, et al. Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med.* 2015;0:1–7.
 48. Paterno M V., Huang B, Thomas S, Hewett TE, Schmitt LC. Clinical Factors That Predict a Second ACL Injury After ACL Reconstruction and Return to Sport: Preliminary Development of a Clinical Decision Algorithm. *Orthop J Sport Med.* 2017;5(12):1–7.
 49. Raschner C, Platzer HP, Patterson C, Werner I, Huber R, Hildebrandt C. The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: A 10-year longitudinal study. *Br J Sports Med.* 2012;46(15):1065–71.
 50. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, St. Pierre P, Taylor DC. Risk Factors Associated with Noncontact Injury of the Anterior Cruciate Ligament. A Prospective Four-Year Evaluation of 859 West Point Cadets. *Am J Sports Med.* 2003;31(6):831–42.
 51. Palmieri-Smith RM, Lepley LK. Quadriceps strength asymmetry after anterior cruciate ligament reconstruction alters knee joint biomechanics and functional performance at time of return to activity. *Am J Sports Med.* 2015;43(7):1662–9.
 52. Paterno M, Schmitt L, Ford K, Rauh M, Myer G, Huang B, et al. Biomechanical Measures During Landing and Postural Stability Predict Second, Anterior Cruciate Ligament Injury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sport. *Am J Sports Med.* 2010;38(10):1968–78.