

## Efectos del tipo de injerto utilizado en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Una revisión de la literatura

### *Effects of the type of graft used in anterior cruciate ligament reconstruction. A review of the literature*

Rodríguez S

Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Medicina. Departamento de Movimiento Corporal Humano, Colombia

**Correspondencia:**

Sebastián Rodríguez Jaime  
sebastian61342@gmail.com

Recibido: 31 julio 2022

Aceptado: 25 octubre 2022

#### RESUMEN

*Introducción:* la rotura de ligamento cruzado anterior es la lesión más común en deportistas, pudiendo comprometer la carrera profesional de los atletas. La reconstrucción quirúrgica es el tratamiento principal y más efectivo. Existen muchas dudas sobre cuál injerto utilizar, ya que cada uno de los injertos se ha asociado a diferentes efectos secundarios. El objetivo de esta revisión de la literatura es identificar los efectos del tipo de injerto utilizado en la reconstrucción de ligamento cruzado. *Material y método:* se realizó una búsqueda bibliográfica en SCOPUS, PubMed, Google Scholar y PEDro, utilizando los términos búsqueda "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Autografts, Allografts, Return to Sport, Muscle Strength, Pain, Joint Instability y Rehabilitation". *Resultados:* el autoinjerto de los tendones isquiotibiales y los aloinjertos reportaron menor estabilidad, mientras que el autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso ha presentado mayor estabilidad. Por otra parte, se reportó que la fuerza muscular se comprometerá según el lugar de extracción. Los autoinjertos hueso-tendón rotuliano-hueso han sido asociados a mayor dolor anterior en la rodilla y a la probabilidad de desarrollar osteoartritis. De igual forma se vinculan con menor funcionalidad postoperatoria y requieren más tiempo para alcanzar los hitos de retorno al deporte. Sin embargo, este autoinjerto mostró menos probabilidad de sufrir una nueva ruptura, siendo el autoinjerto de isquiotibiales y aloinjertos los que presentan mayor riesgo de una nueva lesión. *Conclusiones:* son varias las estrategias usadas en la rehabilitación, sin embargo, conocer los efectos de cada tipo de injerto utilizado permite individualizar aún más el tratamiento y facilitar la elección del tipo de injerto a utilizar para la reconstrucción.

**Palabras clave:** reconstrucción de ligamento cruzado anterior, autoinjerto, aloinjerto, retorno al deporte.

#### ABSTRACT

*Introduction:* the anterior cruciate ligament rupture is the most common injury in athletes and could compromise their professional careers. Surgical reconstruction is the primary and most effective treatment. There are many questions about which graft to use since each one has been associated with different side effects. The objective of this literature review is to identify the side effects of each type of graft used in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Material and method:* a literature search was conducted in SCOPUS, PubMed, Google Scholar and PEDro, using the following search terms "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Autografts, Allografts, Return to Sport, Muscle Strength, Pain and Joint Instability". *Results:* the hamstring autograft and allografts reported less stability, while the bone-patellar tendon-bone autograft showed greater stability. On the other hand, it was reported that muscle strength will be compromised depending on the graft extraction site. Bone-patellar tendon-bone autografts have been associated with greater anterior knee pain and the probability of developing osteo-

*arthritis, in the same way, they are associated with less post-operative functionality and require more time to reach the milestones to return to sports activities. However, this autograft showed less probability of suffering a new rupture, on the other hand, with the hamstring autograft and allografts, there is the highest risk of a new injury. Conclusions: there are several strategies used in rehabilitation, however, knowing the effects of each type of graft used allows for further individualization of the treatment and facilitates the choice of which one to use for reconstruction.*

**Keywords:** anterior cruciate ligament reconstruction. autografts. allografts. return to sport.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos generados o analizados durante este estudio se incluyen en el presente artículo.

## INTRODUCCIÓN

La rotura de ligamento cruzado anterior es la lesión más común en deportistas<sup>(1, 2)</sup>. Es una lesión grave que puede comprometer la carrera profesional de los atletas<sup>(2, 3)</sup>. La reconstrucción quirúrgica es el tratamiento principal y más efectivo<sup>(2, 3)</sup>. La mayoría de los deportistas pueden retornar al deporte después del procedimiento quirúrgico<sup>(3, 4)</sup>. Sin embargo, no todos pueden alcanzar el rendimiento deportivo previo a la lesión<sup>(3, 4)</sup>. Los deportistas pueden sufrir complicaciones como una reproducción de la lesión<sup>(2, 5)</sup>. Los objetivos primordiales del proceso quirúrgico y de rehabilitación se centran en conseguir que los deportistas alcancen su nivel anterior de actividad<sup>(6)</sup>. La rehabilitación ha sido basada en la evidencia, es decir, ejercicios y otras modalidades de terapia que según la evidencia científica tienen mayores efectos benéficos para los pacientes<sup>(7)</sup>. Los ejercicios suelen ser entrenamientos de resistencia para restaurar la fuerza de los músculos, entrenamientos neuromusculares, entrenamientos asociados al deporte o entrenamientos funcionales<sup>(7, 8)</sup>. Los injertos más utilizados durante la reparación quirúrgica son el autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso y el autoinjerto proveniente de los tendones isquiotibiales<sup>(9-11)</sup>. Diferentes estudios han comparado estos dos autoinjertos, sin embargo, la elección del mejor autoinjerto es controvertida<sup>(9)</sup>. Los efectos del tipo de autoinjerto utilizado sobre la fuerza muscular no están del todo claros<sup>(6)</sup>. Además de la fuerza muscular surgen otras incógnitas que no permiten un consenso sobre cuál elegir.

Existen muchas dudas sobre cuál injerto utilizar, ya

que cada uno de ellos se ha asociado a diferentes efectos secundarios<sup>(12)</sup>. El autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso se ha asociado al desarrollo de dolor anterior en la rodilla, crepitaciones, pérdida de la fuerza extensora y fractura rotuliana<sup>(9, 10, 12)</sup>. Por otra parte, el autoinjerto de los tendones isquiotibiales presenta mayor laxitud e inestabilidad de rodilla que el autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso, además de desarrollar un déficit de fuerza en la musculatura flexora de rodilla<sup>(9, 10, 12)</sup>. El autoinjerto del tendón de los cuádriceps ha mostrado debilidad de la musculatura extensora de rodilla<sup>(12)</sup>, mientras que los autoinjertos presentan riesgo de enfermedades, rechazo inmunario y retraso en la cicatrización y los injertos artificiales presentan alto riesgo de sufrir una nueva ruptura<sup>(12)</sup>.

Dada la falta de consenso actual sobre la elección del injerto a utilizar en la rotura de ligamento cruzado anterior y los diferentes efectos que conlleva cada una de las posibles elecciones, el objetivo de esta revisión documental es identificar los efectos del tipo de injerto utilizado en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una búsqueda bibliográfica en SCOPUS, PubMed, Google Scholar y PEDro, durante los meses de marzo y abril del año 2022, utilizando los siguientes términos de búsqueda "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Autografts, Allografts, Return to Sport, Muscle Strength, Pain y Joint Instability". Se utilizó el conector booleano "AND" para todos los términos de búsqueda; se incluyeron artículos publicados desde el año 2017 en adelante en idioma inglés, que describieran o informaran los efectos de uno o más injertos en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior, descartándose los textos que sólo mencionaban los términos de búsqueda.

## RESULTADOS

La figura 1 expone el diagrama de flujo que muestra el total de artículos obtenidos durante la búsqueda y los seleccionados para su análisis completo. En la tabla 1 se muestran los artículos estudiados según la base de datos en la que se obtuvieron, y en la tabla 2 se indica la distribución de los documentos según el país de origen.

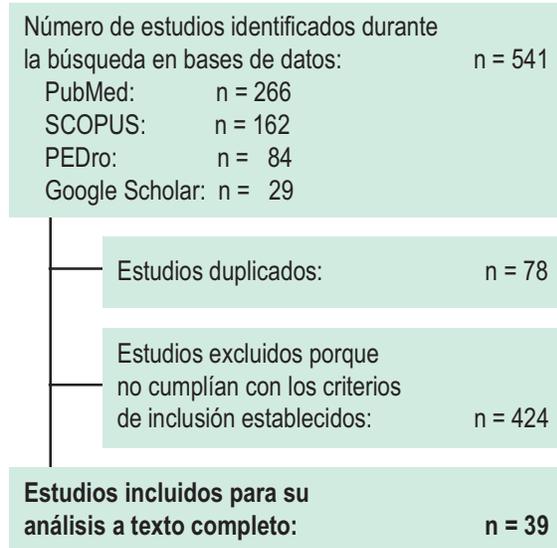


FIGURA 1. Diagrama de flujo: clasificación de estudios encontrados durante la búsqueda.

Los artículos seleccionados para su análisis completo corresponden a las referencias bibliográficas 6, 9-12, 14-30, 32 y 34-49.

TABLA 1. Distribución de artículos obtenidos en la búsqueda por cantidad y porcentaje.

Bases de datos consultadas	Cantidad	Porcentaje
PubMed	22	56,4
SCOPUS	9	23,0
PEDro	6	15,3
Google Scholar	2	5,1
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

TABLA 2. Distribución de los artículos por país de origen.

País de origen del artículo	Número de estudios	Porcentaje
EE. UU. de América	16	41,0
Reino Unido	9	23,0
Alemania	8	20,5
Países Bajos	2	5,1
Suiza	2	5,1
México	1	2,5
Corea del Sur	1	2,5
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

### Efectos sobre la estabilidad y laxitud de rodilla

El autoinjerto de los tendones isquiotibiales o de la corva (ISQ) es muy utilizado en Europa y Estados Unidos, constituyendo este tipo de injertos el 80 % de los autoinjertos utilizados<sup>(13)</sup>. Algunos estudios han informado mayor inestabilidad y laxitud de rodilla postoperatoria en comparación con autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso (HTRH)<sup>(9-11, 14, 15)</sup>. Por otra parte, ISQ ha presentado estabilidad y laxitud de rodilla postoperatoria similar al autoinjerto del tendón del cuádriceps (CDC) según lo mencionado por algunos estudios<sup>(16-20)</sup>. Sin embargo, el autoinjerto ISQ mostró superioridad en cuanto a la estabilidad de rodilla al compararlo con aloinjertos (AL) tal como lo mencionaron 2 estudios<sup>(21, 22)</sup>, por lo que los aloinjertos de tejido blando no serán la elección primaria a considerar cuando se trate de un paciente que requiere gran estabilidad de rodilla. De igual forma ocurre con los ligamentos artificiales al compararlos con los autoinjertos ISQ, HTRH y CDC por lo que el uso de estos injertos artificiales (AR) está poco recomendado en la actualidad<sup>(12)</sup>. Al comparar HTRH con CDC en un estudio, no se encontraron diferencias significativas<sup>(23)</sup>. Los artículos recientes sugieren que los autoinjertos HTRH y CDC son los que generan mayor estabilidad y menor laxitud postoperatoria de rodilla.

dilla, por lo que se deberían tener en cuenta estas 2 opciones cuando se trate de pacientes o deportistas que requieran altas demandas de estabilidad de rodilla durante la práctica deportiva o en su vida cotidiana.

### **Efectos sobre la fuerza muscular**

Se ha reportado que, dependiendo el sitio de extracción del autoinjerto, la fuerza muscular se verá afectada en mayor medida para un grupo muscular en concreto<sup>(6, 16-18, 24-28)</sup>. Varios estudios reportaron que con el uso de autoinjertos CDC la fuerza de los músculos extensores de rodilla de la pierna operada se veía afectada en mayor medida que con autoinjertos ISQ, mientras que la fuerza de los músculos flexores se comprometía en mayor grado con el uso de autoinjertos ISQ en comparación con autoinjertos CDC<sup>(6, 16-18, 25)</sup>. La misma relación se encontró entre autoinjertos ISQ y HTRH, donde el uso de ISQ afectaba en mayor medida la fuerza de los músculos flexores en comparación con HTRH, y al igual que CDC los autoinjertos HTRH mostraron un mayor déficit en la fuerza muscular en los extensores de rodilla en comparación que ISQ<sup>(24, 26-28)</sup>. En cuanto a las comparaciones de CDC y HTRH se informaron hallazgos controvertidos entre 2 estudios; en un estudio se informó menor disminución de la fuerza muscular de los extensores de rodilla en forma significativa con el uso de HTRH en comparación con CDC<sup>(29)</sup>, mientras que otra investigación mostró menor disminución de la fuerza muscular de los extensores de rodilla con el uso de CDC en relación con HTRH, sin embargo, en este estudio las diferencias no fueron significativas<sup>(30)</sup>.

La relación de fuerza y torque entre músculos cuádriceps e isquiotibiales (C:I) se ha usado para detectar desequilibrios en la fuerza muscular entre los músculos flexores y extensores de rodilla, tomando relevancia en las detecciones de lesiones en algunos atletas<sup>(31)</sup>. Un estudio indicó mejor relación C:I en los 60, 180 y 300°/s a los 3, 6 y 12 meses de seguimiento con el uso de autoinjertos CDC en comparación con ISQ<sup>(26)</sup>. Por otra parte, se reportaron relaciones desequilibradas en C:I con el uso de HTRH y ISQ, sin embargo, se vio más afectada la relación con HTRH<sup>(28)</sup>. Finalmente, un estudio informó sobre

los efectos en la fuerza isocinética de los músculos isquiotibiales a 60 y a 120 grados tras 2 años de seguimiento con el uso de ISQ o AL del músculo tibial anterior, encontrando que la fuerza fue menor en las 2 medidas para los AL que para ISQ<sup>(32)</sup>. Los fisioterapeutas del deporte deben tener en cuenta estos efectos en la fuerza muscular, ya que brinda pautas sobre los déficits de fuerza que deben abordar en los deportistas durante las distintas fases de la rehabilitación. Aunque todos los deportistas tengan necesidades heterogéneas entre sí, a causa de los diferentes desafíos personales, la historia previa, las expectativas, el éxito operatorio y la disponibilidad de tiempo para la rehabilitación<sup>(33)</sup>, las investigaciones actuales sirven como guía para enfatizar el fortalecimiento en los músculos mayormente afectados según corresponda, dependiendo del injerto utilizado por el cirujano. Así, individuos que hayan sido intervenidos quirúrgicamente con autoinjertos CDC o HTRH deberán centrar el fortalecimiento mayormente en la musculatura extensora de rodilla, sin subestimar el entrenamiento de la musculatura flexora de rodilla y de toda la cadena cinética; de igual forma aquellas personas que hayan sido reparadas quirúrgicamente con autoinjertos HS deberán enfatizar en el entrenamiento de los músculos flexores de rodilla.

### **Efectos sobre el dolor**

Se informó mayor desarrollo de dolor y osteoartritis los 17 años posteriores de la reconstrucción quirúrgica con el uso de autoinjertos HTRH que con los ISQ<sup>(11)</sup>. De igual forma, en un estudio<sup>(34)</sup> ocurrió en periodos posteriores a 5 años desde la cirugía. Varios estudios comunicaron mayor dolor anterior de rodilla, probabilidad de padecer osteoartritis y dolor al arrodillarse cuando los pacientes fueron tratados con HTRH al comprarlos con ISQ<sup>(14, 15, 35-37)</sup>. Por otra parte, en una publicación se indicó que no hubo diferencias significativas en el dolor referido cuando se compararon ISQ con CDC<sup>(38)</sup>. Otra publicación comparó ISQ, HTRH y CDC, y reportó que los individuos tratados con CDC presentaron menor dolor que HTRH, mientras que no hubo diferencias entre los usuarios de CDC y ISQ<sup>(23)</sup>. A pesar de que HTRH sea un injerto que brinda mayor estabilidad de rodilla al comprarlo con otros, se

debe considerar el riesgo de desarrollo de osteoartritis y sucesos dolorosos tras la reparación quirúrgica. Atletas jóvenes que requieren gran estabilidad de rodilla se beneficiarían de HTRH, mientras que adultos mayores que no demandan mayor estabilidad podrían beneficiarse de autoinjertos ISQ o AL, minimizando las complicaciones que conlleva el uso de HTRH.

### Efectos sobre la funcionalidad

Un estudio evidenció que el uso de autoinjerto HTRH se asoció a menor funcionalidad al compararlo con autoinjerto ISQ 5 años posteriores a la reconstrucción<sup>(17)</sup>, y el uso de ISQ también fue mejor que HTRH después de un año al reportar mejores puntuaciones en la escala *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)*<sup>(9)</sup>. De igual forma ISQ mostró mayores puntuaciones en la escala KOOS tras 2 años de seguimiento que el uso de injertos híbridos compuestos por autoinjertos de isquiritibiales y aloinjertos de los músculos peroneos<sup>(39)</sup>. Por otra parte, 2 publicaciones no mostraron diferencias entre HTRH y ISQ después de un año y 2 años<sup>(10, 12)</sup>. Un estudio comparó HTRH con CDC observando mejores resultados en el salto con una pierna y en cuestionarios autoinformados a los 8 meses tras la operación en usuarios tratados con CDC<sup>(30)</sup>. Algunos estudios reportaron resultados similares con CDC que con ISQ en diferentes momentos postoperatorios comprendidos entre 3 meses y 2 años<sup>(6, 16, 17, 25, 38)</sup>. Sin embargo, otro estudio mostró mejores resultados a los 3 años postoperatorios con CDC en comparación con ISQ<sup>(30)</sup>. De igual forma un estudio informó mejores resultados de CDC que con HTRH o ISQ a los 2 años<sup>(12)</sup>.

Los hallazgos son diversos, por lo que es difícil decidir cuál es el injerto que permite alcanzar la mejor funcionalidad en los usuarios, sin embargo, es posible que los autoinjertos HTRH brinden menor funcionalidad a los pacientes a largo plazo por el posible desarrollo de osteoartritis y dolor articular al arrodillarse<sup>(14, 15, 35-37)</sup>.

### Incidencia sobre nuevas rupturas

A los 17 años post reconstrucción no se encontraron diferencias significativas entre autoinjertos ISQ y HTRH<sup>(11)</sup>.

Un estudio evidenció mayor tasa de fracaso con ISQ que con el uso de HTRH a los 6 años posteriores<sup>(40)</sup>, mientras que otro estudio no mostró diferencias a los 5 años de seguimiento<sup>(34)</sup>, 3 publicaciones describieron mayor tasa de fracaso con HS, aunque las diferencias fueron mínimas<sup>(36, 41, 42)</sup>. Otras publicaciones informaron mayor ruptura de ISQ que con HTRH después de uno y 2 años<sup>(9, 43)</sup>. De igual forma, otro estudio refirió lo mismo tras un año, pero las diferencias no fueron significativas<sup>(10)</sup>. Se comparó CDC y ISQ después de 2 años, sin embargo, no se reportaron diferencias entre los 2 autoinjertos<sup>(18)</sup>, aunque CDC mostró menos tasas de rupturas que ISQ<sup>(44)</sup>. Se reportaron diferencias entre ISQ o HTRH al comprarlos con AL, evidenciando AL mayor fracaso quirúrgico a los 2 años<sup>(45)</sup>. Se describe más veces el fracaso con ISQ que con HTRH, lo que puede estar relacionado con la menor estabilidad que aporta ISQ a la rodilla, y por ello se deben considerar las actividades cotidianas de cada paciente para determinar el injerto más adecuado y evitar su fracaso.

### Retorno al deporte

Un estudio comparó la tasa de deportistas que regresaron al deporte tras reconstrucción con autoinjertos HTRH y aloinjertos HTRH tras el seguimiento mínimo de un año; encontrando que el 51,4 % de la cohorte tratada con aloinjerto regresó al deporte, frente al 62,8 % en la corte de autoinjerto, siendo los autoinjertos mejores opciones para garantizar el retorno a la actividad deportiva<sup>(46)</sup>. Otro estudio visibilizó que el 68,4 % de una corte de 21 deportistas de deportes de colisión tratados con autoinjertos HTRH regresaron con éxito al mismo nivel de competencia<sup>(47)</sup>.

Por otra parte, no se mostraron diferencias significativas en la tasa de deportistas que retornaron al deporte tratados con autoinjerto ISQ o autoinjerto HTRH, no se especificó el tiempo transcurrido para retomar la práctica deportiva<sup>(14)</sup>. Otro estudio que comparó estos 2 autoinjertos, informó que el 70,8 % de los pacientes tratados con ISQ regresaron al deporte y tardaron en promedio 3 a 24 meses en retornar la práctica deportiva, mientras que el 77,8 % de los pacientes tratados con HTRH retornaron al deporte y regresaron entre 5 a 24 meses a la

práctica deportiva, aunque algunos pacientes tratados con ISQ retornaron al deporte más rápido que los tratados con HTRH, y el número de deportistas que regresaron al deporte del grupo HTRH fue mayor que los del grupo ISQ, pero los resultados no fueron significativos<sup>(42)</sup>.

Un estudio encontró diferencias significativas entre el tipo de injerto y el tiempo para alcanzar los criterios de retorno al deporte, los cuales incluían alcanzar mínimamente el 90 % del índice de fuerza del cuádriceps. Los pacientes fueron reconstruidos con autoinjertos ISQ o HTRH y aloinjertos AL; el grupo HTRH fue el grupo que más tardó con una media de 44 semanas, seguido del grupo ISQ que tardó 32 semanas, siendo el grupo AL quien tardó menos en retornar al deporte con una media de 29 semanas<sup>(27)</sup>. Un estudio informó no encontrar diferencias significativas tras 5 años de seguimiento en la tasa de deportistas que regresaron al deporte usando ISQ, AL y AR<sup>(48)</sup>.

Finalmente, en otra publicación se informó que no hubo diferencias significativas entre las tasas de deportistas que retornaron al deporte y los tiempos desde la cirugía, cuando se realizó la cirugía con corsé interno independientemente del tipo de autoinjerto utilizado. En este estudio se utilizaron autoinjertos ISQ y CDC; para el grupo ISQ se dispusieron 25 participantes de los cuales 2 volvieron al deporte a las 4 semanas, 11 entre 1 a 3 meses, 7 entre 4 a 6 meses, uno entre 7 a 12 meses, 2 demoraron más de 12 meses y 2 nunca retornaron al deporte; mientras que para el grupo CDC se dispusieron 23 participantes de los cuales uno volvió a las 4 semanas, 9 entre 1 a 3 meses, 3 entre 4 a 6 meses, 6 entre 7 a 12 meses, 2 demoraron más de 12 meses y 2 nunca retornaron al deporte<sup>(49)</sup>.

La evidencia actual presenta que la mayoría de los deportistas pueden retornar al deporte tras la reconstrucción de ligamento cruzado anterior independientemente del tipo de injerto utilizado, y aunque algunos injertos requieran más tiempo para el regreso al deporte, como el auto injerto HTRH, no se deben olvidar otras variables, como la estabilidad que brindan, ya que aunque HTRH tarde más en permitir el regreso, aporta mayor estabilidad y menor riesgo de una segunda ruptura; sin embargo podrían reconsiderarse aquellos injertos que demoren menos en permitir el retorno cuando se trate

de deportes que no requieran altas demandas de estabilidad, y se requiera que los atletas retornen lo antes posible la práctica deportiva.

## DISCUSIÓN

La evidencia respalda algunas intervenciones, sin embargo, conocer los efectos que tiene cada tipo de injerto utilizado en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior permite individualizar aún más el tratamiento de cada paciente, haciendo énfasis en las deficiencias asociadas a cada tipo de injerto y previniendo los efectos secundarios que genera cada uno de ellos. Si se enfatiza en dichas deficiencias y se da un tratamiento respaldado por la evidencia, es probable que los deportistas retornen al deporte en mejor forma. Sin embargo, no deben olvidarse los objetivos genéricos en la rehabilitación deportiva como son prevenir el desacondicionamiento físico general, aumentar la estabilidad articular, restablecer el rango de movilidad, disminuir el dolor, potenciar la fuerza muscular y la propiocepción, mejorar la habilidad y la coordinación y finalmente, retornar al deporte en forma segura.

Así, los deportistas intervenidos quirúrgicamente con HTRH deberán ser educados para que prevalezca la salud de la rodilla y prevenir el desarrollo de osteoartritis, ya que este tipo de injerto se asoció con menor funcionalidad por desarrollo de dolor y osteoartritis<sup>(11, 14, 15, 34-37)</sup>. Se ha descrito cómo se debe cuidar el peso corporal, ya que la obesidad es un desencadenante de la enfermedad, adicionalmente realizar ejercicios neuromusculares preventivos que restablezcan la biomecánica articular y que además mejoren la confianza del paciente<sup>(60)</sup>. Mientras que deportistas con auto injertos ISQ, deberán hacer énfasis en la mejora de la estabilidad articular y potenciar los músculos isquiotibiales, ya que este injerto evidenció poca estabilidad<sup>(9-11, 14, 15)</sup> y disminución significativa de la musculatura flexora de rodilla<sup>(6, 16, 17, 18, 25)</sup>, realizar entrenamientos enfocados en el equilibrio podrían brindar mayor estabilidad dinámica en la rodilla<sup>(51)</sup>, mientras que para restaurar la fuerza muscular de los isquiotibiales se debe entrenar el desempeño de la flexión de rodilla y extensión de cadera, además de perio-

dizar la carga de trabajo adecuadamente, comenzando por ejercicios aislados de baja intensidad para el sitio donante hasta llegar a ejercicios funcionales. De igual forma, en las primeras semanas se recomienda ejecutar contracciones isométricas, para progresar a contracciones concéntricas y finalmente a contracciones excéntricas que permiten generar hipertrofia y fuerza muscular<sup>(52)</sup>.

Los deportistas con injertos CDC, deberán priorizar el fortalecimiento de la musculatura de los cuádriceps, debido a la relación encontrada entre este tipo de injerto y la poca fuerza muscular de los cuádriceps<sup>(6, 16-18, 25)</sup>, se puede mejorar la fuerza por medio de entrenamientos progresivos, que pueden iniciar con ejercicios de activación muscular sin carga y marcha en muletas, avanzando a ejercicios en cadena cinética cerrada usando el 50 % de una repetición máxima, para progresar a ejercicios de técnica de aterrizaje de salto, equilibrio y agilidad<sup>(53)</sup>. El uso de estimulación eléctrica y estimulación eléctrica funcional puede ser un coadyuvante para potenciar la fuerza muscular<sup>(54-56)</sup>. Adicionalmente con los AL y AR se debe enfatizar en mejorar la estabilidad de rodilla, ya que estos injertos presentan poca estabilidad articular<sup>(12, 21)</sup>. Finalmente, aunque todos los injertos parecen permitir que los atletas regresen al deporte, se recomienda retornar a la práctica cuando se cumpla con los criterios mínimos descritos asociados al tiempo, fuerza muscular, simetría de las extremidades inferiores, auto reporte del paciente y examen clínico<sup>(57)</sup>, todo ello con el fin de garantizar la salud del deportista y prevenir futuras lesiones.

## CONCLUSIONES

Los efectos postquirúrgicos en la reconstrucción de ligamento cruzado anterior pueden variar dependiendo el tipo de injerto utilizado, siendo el autoinjerto HTRH el que aporta mayor estabilidad de rodilla, pero con los efectos secundarios de padecer dolor anterior de rodilla y mayor probabilidad de desarrollar osteoartritis. Por otra parte, ISQ compromete en mayor medida la fuerza muscular de los músculos flexores de rodilla, mientras que CDC compromete en mayor medida la fuerza muscular de los

músculos extensores de rodilla. Los efectos en la funcionalidad no están del todo claros, pero HTRH podría afectar más la funcionalidad a causa de sus efectos sobre el dolor y el riesgo de desarrollo de osteoartritis. Los autoinjertos ISQ y AL presentan mayor riesgo de padecer una segunda ruptura, una posible causa podría ser la poca estabilidad de rodilla que brindan. Parece ser que todos los tipos de injertos fueron apropiados para permitir que la mayoría de deportistas retorne al deporte, sin embargo, HTRH puede requerir más tiempo en comparación con otros injertos. Son varias las estrategias usadas en la rehabilitación, aunque conocer los efectos de cada tipo de injerto utilizado permite individualizar aún más el tratamiento, así, los deportistas tratados con HTRH requieren tratamientos preventivos de osteoartritis; los tratados con ISQ y CDC deben priorizar el fortalecimiento muscular del sitio donante; y aquellos intervenidos quirúrgicamente con ISQ, AL y AR deben enfatizar en restaurar la estabilidad articular de rodilla.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** El autor declara que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos, derecho a la privacidad y consentimiento informado.** En este artículo no aparecen datos personales de sujetos de estudio.

**Declaración de los conflictos de intereses.** El autor declara que no existe conflicto de interés.

**Financiación y fuentes de apoyo.** No se declaran fuentes de apoyo para la elaboración del presente artículo. No hubo ninguna fuente de financiación para la elaboración del presente texto.

**Contribución y autoría.** El autor de este estudio cumple con los criterios de autoría, habiendo participado en el desarrollo, redacción, supervisión y revisión del estudio. Ha tenido acceso completo al contenido del mismo y ha aprobado la versión final presentada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mazlan S, Ayob M, Bakti Z. Anterior cruciate ligament (ACL) injury classification system using support vector machine (SVM). *Proc. of the International Conference on Engineering Technologies and Technopreneurship (ICE2T 2017)*. 18-20 September 2017, Kuala Lumpur, Malaysia; 978: 1–5.
- Nagelli C, Hewett T. Should return to sport be delayed until 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction? biological and functional considerations. *Sports Med*. 2017 Feb; 47(2): 221–32.
- Della Villa F, Hägglund M, Della Villa S, Ekstrand J, Waldén M. High rate of second ACL injury following ACL reconstruction in male professional footballers: an updated longitudinal analysis from 118 players in the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med*. 2021 Dec; 55(23): 1350–7.
- Lai C, Ardern C, Feller J, Webster K. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *Br J Sports Med*. 2018 Jan; 52(2): 128–8.
- Davies J, McCarty E, Provencher M, Manske R. ACL return to sport guidelines and criteria. *Curr Rev Musculoskeletal Med*. 2017 Sep; 10(3): 307–14.
- Sinding KS, Nielsen TG, Hvid LG, Lind M, Dalgas U. Effects of autograft types on muscle strength and functional capacity in patients having anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Sports Medicine*. 2020 Jul; 50(7): 1393–403.
- Filbay S, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Feb; 33(1): 33–47.
- Lepley L, Grooms D, Burland J, Davi S, Mosher J, Cormier M, et al. Eccentric cross-exercise after anterior cruciate ligament reconstruction: novel case series to enhance neuroplasticity. *Physical Therapy in Sport*. 2018 Nov; 34: 55–65.
- Cristiani R, Sarakatsianos V, Engström B, Samuelsson K, Forssblad M, Stålmán A. Increased knee laxity with hamstring tendon autograft compared to patellar tendon autograft: a cohort study of 5462 patients with primary anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019 Feb; 27(2): 381–8.
- Sanada T, Iwaso H, Fukai A, Honda E, Yoshitomi H, Inagawa M. Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Rectangular Bone-Tendon- Bone Autograft Versus Double-Bundle Hamstring Tendon Autograft in Young Female Athletes. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2021 Feb 4; 3(1): e47–e55.
- Sajovic M, Stropnik D, Skaza K. Long-term comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a 17-year follow-up of a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2018 Jul; 46(8): 1800–8.
- Yang X, Wang F, He X, Feng J, Hu Y, Zhang H, et al. Network meta-analysis of knee outcomes following anterior cruciate ligament reconstruction with various types of tendon grafts. *Int Orthop*. 2020 Feb; 44(2): 365–80.
- Nielsen J, Arp K, Villadsen M, Christensen S, Aagaard P. Rate of force development remains reduced in the knee flexors 3 to 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction using medial hamstring autografts: a cross-sectional study. *Am J Sports Med*. 2020 Nov; 48(13): 3214–23.
- Janssen R, Melick N, Mourik J, Reijman M, Rhijn L. Similar clinical outcome between patellar tendon and hamstring tendon autograft after anterior cruciate ligament reconstruction with accelerated, brace-free rehabilitation: a systematic review. *J ISAKOS*. 2017; 2: 308–17.
- Schuetz H, Kraeutler B, Houck D, McCarty E. Bone-patellar tendon-bone versus hamstring tendon autografts for primary anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Orthop J Sports Med*. 2017 Nov 7; 5(11): 2325967117736484.
- Johnston PT, Feller JA, McClelland JA, Webster KE. Knee strength deficits following anterior cruciate ligament reconstruction differ between quadriceps and hamstring tendon autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022 Apr; 30(4): 1300–10.
- Martín J, Arroyo M, Martín J, Monje I, Abellán J, Esparza F, et al. Strength recovery after anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon versus hamstring tendon autografts in soccer players: A randomized controlled trial. *Knee*. 2018 Aug; 25(4): 704–14.
- Lind M, Nielsen T, Soerensen O, Klavsen B, Fauno P. Quadriceps tendon grafts does not cause patients to have inferior subjective outcome after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction than do hamstring grafts: a 2-year prospective randomised controlled trial. *Br J Sports Med*. 2020 Feb; 54(3): 183–7.

19. Hurley E, Calvo M, Withers D, Farrington S, Moran R, Moran C. Quadriceps tendon autograft in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy*. 2018 May; 34(5): 1690–8.
20. Cavaignac E, Coulin B, Tscholl P, Nik Mohd Fatmy N, Duthon V, Menetrey J. Is quadriceps tendon autograft a better choice than hamstring autograft for anterior cruciate ligament reconstruction? A comparative study with a mean follow-up of 3.6 years. *Am J Sports Med*. 2017; 45(6): 1326–32.
21. Wang H, Zhang H, Wang T, Zhang W, Wang F, Zhang Y. Comparison of clinical outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autograft versus soft-tissue allograft: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Int J Surg*. 2018 Aug; 56: 174–83.
22. Kurtoğlu A, Başar B, Başar G, Gezginaslan Ö, Başar H. Small Size Autograft versus Large Size Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Clin Orthop Surg*. 2021 Mar; 13(1): 47–52.
23. Mouarbes D, Menetrey J, Marot V, Courtot L, Berard E, Cavaignac E. Anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone–patellar tendon–bone and hamstring-tendon autografts. *Am J Sports Med*. 2019 Dec; 47(14): 3531–40.
24. Sugimoto D, Heyworth B, Yates B, Kramer D. Effect of graft type on thigh circumference, knee range of motion, and lower-extremity strength in pediatric and adolescent males following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Rehabil*. 2019 Oct 18; 29(5): 555–62.
25. Csapo R, Pointner H, Hoser C, Gföller P, Raschner C, Fink C. Physical fitness after anterior cruciate ligament reconstruction: Influence of graft, age, and sex. *Sports*. 2020 Mar 6; 8(3): 30.
26. Huber R, Viecelli C, Bizzini M, Friesenbichler B, Dohm-Acker M, Rosenheck T, et al. Knee extensor and flexor strength before and after anterior cruciate ligament reconstruction in a large sample of patients: influence of graft type. *Phys Sportsmed*. 2019 Feb; 47(1): 85–90.
27. Smith A, Capin J, Zarzycki R, Mackler L. Athletes with Bone-Patellar Tendon Bone Autograft for ACL Reconstruction Were Months Slower to Meet Rehabilitation Milestones and Return to Sport Criteria Than Athletes with Hamstring Tendon Autograft or Soft Tissue Allograft—Secondary Analysis from the ACL-SPORTS Trial. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2020 May; 50(5): 259–66.
28. Machado F, Debieux P, Kaleka CC, Astur D, Peccin MS, Cohen M. Knee isokinetic performance following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstrings graft. *Phys Sportsmed*. 2018 Feb; 46(1): 30–35.
29. Hughes J, Burnham B, Hirsh A, Musahl V, Fu F, Irrgang I, et al. Comparison of short-term biodex results after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction among 3 autografts. *Orthop J Sports Med*. 2019 May 31; 7(5): 2325967119847630.
30. Hunnicutt J, Gregory C, McLeod M, Woolf S, Chapin R, Slone H. Quadriceps recovery after anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon versus patellar tendon autografts. *Orthop J Sports Med*. 2019 Apr 24; 7(4): 2325967119839786.
31. Kellis E, Sahinis C, Dafkou K, Ellinoudis T, Galanis N. Hamstring to quadriceps strength ratio and cross-sectional area of the quadriceps and hamstrings muscles assessed using extended field-of-view ultrasonography. *Res Sports Med*. 2021 Jan-Feb; 29(1): 25–42.
32. Lee OS, Lee YS. Changes in hamstring strength after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft and posterior cruciate ligament reconstruction with tibial allograft. *Knee Surg Relat Res*. 2020 Jun 5; 32(1): 27.
33. English B. Phases of rehabilitation. *Foot Ankle Clin*. 2013 Jun; 18(2): 357–67.
34. Poehling K, Salem H, Ross K, Secrist E, Ciccotti M, Tjoumakaris F, et al. Long-term outcomes in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of patellar tendon versus hamstring autografts. *Orthop J Sports Med*. 2017 Jun 14; 5(6): 2325967117709735.
35. Chee M, Chen Y, Pearce P, Murphy D, Krishna L, Hui J, et al. Outcome of patellar tendon versus 4-strand hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis of prospective randomized trials. *Arthroscopy*. 2017 Feb; 33(2): 450–63.
36. Salem HS, Varzhapetyan V, Patel N, Dodson CC, Tjoumakaris FP, Freedman KB. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Young Female Athletes: Patellar Versus Hamstring Tendon Autografts. *Am J Sports Med*. 2019 Jul; 47(9): 2086–92.
37. Chen H, Liu H, Chen L. Patellar tendon versus 4-strand semitendinosus and gracilis autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials with mid-to long-term follow-up. *Arthroscopy*. 2020 Aug; 36(8): 2279–91.

38. Vilchez-Cavazos F, Dávila-Martínez A, Garza-Castro S, Simental-Mendía M, Garay-Mendoza D, Tamez-Mata Y, et al. Anterior cruciate ligament injuries treated with quadriceps tendon autograft versus hamstring autograft: A randomized controlled trial. *Cir Cir*. 2020; 88(1): 76–81.
39. Kraeutler MJ, Kim SH, Brown CC, Houck DA, Dombly BC, Reynolds KA, McCarty EC. Clinical Outcomes Following Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Hamstring Autograft versus Planned Hybrid Graft. *J Knee Surg*. 2018 Oct; 31(9): 827–33.
40. MOON Knee Group, Spindler KP, Huston LJ, Zajichek A, Reinke EK, Amendola A, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction in high school and college-aged athletes: does autograft choice influence anterior cruciate ligament revision rates?. *Am J Sports Med*. 2020 Feb; 48(2): 298–309.
41. Samuelsen B, Webster K, Johnson N, Hewett T, Krych A. Hamstring autograft versus patellar tendon autograft for ACL reconstruction: is there a difference in graft failure rate? A meta-analysis of 47,613 patients. *Clin Orthop Relat Res*. 2017 Oct; 475(10): 2459–68.
42. Laboute E, Belin J, Puig P, Trouve P, Verhaeghe E. Graft failure is more frequent after hamstring than patellar tendon autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Dec; 26(12): 3537–46.
43. Murgier J, Powell A, Young S, Clatworthy M. Effectiveness of thicker hamstring or patella tendon grafts to reduce graft failure rate in anterior cruciate ligament reconstruction in young patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021 Mar; 29(3): 725–31.
44. Schmücker M, Haraszuk J, Hölmich P, Barfod KW. Graft Failure, Revision ACLR, and reoperation rates after ACLR with quadriceps tendon versus hamstring tendon autografts: a registry study with review of 475 patients. *Am J Sports Med*. 2021 Jul; 49(8): 2136–43.
45. Kaeding C, Pedroza A, Reinke E, Huston L, Hewett T, Flannigan D, et al. Change in anterior cruciate ligament graft choice and outcomes over time. *Arthroscopy*. 2017 Nov; 33(11): 2007–14.
46. Keizer M, Hoogeslag R, van Raay J, Otten E, Brouwer R. Superior return to sports rate after patellar tendon autograft over patellar tendon allograft in revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Feb; 26(2): 574–81.
47. Saper M, Pearce S, Shung J, Zondervan R, Ostrander R, Andrews R. Outcomes and return to sport after revision anterior cruciate ligament reconstruction in adolescent athletes. *Orthop J Sports Med*. 2018 Apr 5; 6(4): 2325967118764884.
48. Su M, Jia X, Zhang Z, Jin Z, Li Y, Dong Q, et al. Medium-term (least 5 years) comparative outcomes in anterior cruciate ligament reconstruction using 4SHG, allograft, and LARS ligament. *Clin J Sport Med*. 2021 Mar 1; 31(2): e101–e110.
49. Ortmaier R, Fink C, Schobersberger W, Kindermann H, Leister I, Runer R, et al. Return to sports after anterior cruciate ligament injury: a matched-pair analysis of repair with internal brace and reconstruction using hamstring or quadriceps tendons. *Sportverletz Sportschaden*. 2021 Mar; 35(1): 36–44.
50. Roos E, Arden N. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*. 2016 Feb; 12(2): 92–101.
51. Akbari A, Ghiasi F, Mir M, Hosseinifar M. The Effects of Balance Training on Static and Dynamic Postural Stability Indices After Acute ACL Reconstruction. *Glob J Health Sci*. 2015 Jul 31; 8(4): 68–81.
52. Buckthorpe M, Danelon F, La Rosa G, Nanni G, Stride M, Della Villa M. Recommendations for hamstring function recovery after ACL reconstruction. *Sports Med*. 2021 Apr; 51(4): 607–24.
53. Wouter W, Benjaminse A, Lemmink K, Dingenen B, Gokeler A. Progressive strength training restores quadriceps and hamstring muscle strength within 7 months after ACL reconstruction in amateur male soccer players. *Phys Ther Sport*. 2019 Nov; 40: 10–18.
54. Toth MJ, Tourville TW, Voigt TB, Choquette RH, Anair BM, Falcone MJ, et al. Utility of Neuromuscular Electrical Stimulation to Preserve Quadriceps Muscle Fiber Size and Contractility After Anterior Cruciate Ligament Injuries and Reconstruction: A Randomized, Sham-Controlled, Blinded Trial. *Am J Sports Med*. 2020 Aug; 48(10): 2429–37.
55. Moran U, Gottlieb U, Gam A, Springer S. Functional electrical stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled pilot study. *J Neuroeng Rehabil*. 2019 Jul 12; 16(1): 89.
56. Labanca L, Rocchi JE, Laudani L, Guitaldi R, Virgulti A, Mariani PP, et al. Neuromuscular Electrical Stimulation Superimposed on Movement Early after ACL Surgery. *Med Sci Sports Exerc*. 2018 Mar; 50(3): 407–16.
57. Burgi C, Peters S, Ardern C, Magill J, Gomez C, 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 Sep; 53(18): 1154–61.