



Lesiones del ligamento cruzado anterior en esquiadores: Conceptos actuales

Anterior Cruciate Ligament Injuries in Skiers: Current Concepts

Roberto Negrín^{1,2,3} José Rubio² Vicente Sepúlveda⁴ José Cordero⁴ Rodrigo Sandoval⁴

¹Unidad de Medicina del Deporte, Clínica Las Condes, Santiago, Chile

²Federación Chilena de Esquí, Santiago, Chile

³Federación Internacional de Esquí, Oberhofen am Thunersee, Suiza

⁴Clínica Las Condes, Santiago, Chile

Address for correspondence Vicente Sepúlveda, Clínica Las Condes, Estoril 450, Las Condes, Santiago, Chile

(e-mail: vsepulveda@miuandes.cl).

Rev Chil Ortop Traumatol 2021;62:66–73.

Resumen

El esquí es un deporte individual con una tasa de lesiones de 1,84 por 1.000 días esquiador en la población general. Las roturas del ligamento cruzado anterior (LCA) son algunas de las más comunes, llegando a una tasa de 5 por cada 100 esquiadores por temporada a nivel competitivo, debido a la gran exigencia a la que se encuentran sometidas las rodillas. Lo anterior presenta un desafío para el traumatólogo a la hora de plantear un manejo. Se realizó una revisión de la literatura respecto de los mecanismos de lesión, tratamiento, prevención, rehabilitación y uso de órtesis en el retorno deportivo. Se describen los mecanismos clásicos de lesión en esquiadores amateurs y competitivos. La mayoría de las lesiones de LCA son de resolución quirúrgica, en que la recomendación de reconstrucción debe ser con injerto autólogo de hueso-tendón patelar-hueso, salvo en los pacientes mayores o en pacientes con fisis abierta, en los que se recomienda el uso de injerto autólogo de semitendinoso-gracilis. La prevención y rehabilitación se basan en mejorar la fuerza y el control neuromuscular de los estabilizadores dinámicos de la rodilla implementándose programas específicos, evaluación del gesto deportivo, y pruebas de control neuromuscular. Se recomienda el uso de órtesis funcionales adecuadas en los pacientes sometidos a reconstrucción del LCA. Las lesiones de LCA en esquiadores de nivel competitivo son habituales, de manejo específico y multidisciplinario. La elección del injerto y del tipo de rehabilitación son fundamentales en el retorno deportivo del esquiador. Nivel de evidencia: V.

Palabras Clave

- ▶ esquí
- ▶ lesiones de rodilla
- ▶ ligamento cruzado anterior
- ▶ tratamiento
- ▶ prevención
- ▶ órtesis de rodilla

Abstract

Skiing is an individual sport with an injury rate of 1.84 per 1,000 skier days among the general population. Anterior cruciate ligament (ACL) tears are among the most common injuries in skiers, with a rate of 5 per 100 skiers per season at a competitive level, because of the great demand placed on the knees. Their

received
July 10, 2020
accepted
January 21, 2021

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728735>.
ISSN 0716-4548.

© 2021. Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. All rights reserved.

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Keywords

- ▶ skiing
- ▶ knee injuries
- ▶ anterior cruciate ligament
- ▶ treatment
- ▶ prevention
- ▶ knee bracing

treatment is a challenge for orthopedic surgeons. A review of the literature was carried out regarding injury mechanisms, treatment, prevention, rehabilitation, and the use of bracing in the return to sports. The classic injury mechanisms in amateur and competitive skiers are described. Most ACL injuries require surgical resolution, with reconstruction using autologous bone-patellar tendon-bone graft, except in older patients or those with open physis, who must receive an autologous semitendinosus-gracilis graft. Prevention and rehabilitation are based on improving strength and neuromuscular control of the dynamic knee stabilizers, implementing specific programs, evaluating the sport movements, and performing neuromuscular control tests. Suitable functional bracings are recommended in patients undergoing ACL reconstruction. ACL injuries in competitive-level skiers are common, and their management is specific and multidisciplinary. The choice of graft and rehabilitation type is critical to resume skiing. Level of evidence: V.

Introducción

El esquí es un deporte practicado a nivel mundial por aproximadamente 200 millones de personas. En Chile, es un deporte que cada vez va en aumento, y hay 19 centros de esquí por todo el país. Durante el año 2017, la Asociación de Centros de Esquí de Chile A.G. (ACESKI)¹ reportó un número de 1.003.269 días esquiador a nivel nacional. Al mismo tiempo, los reportes de accidentabilidad en los centros a lo largo del país dieron una tasa de 1,84 lesiones por cada 1.000 días esquiador como promedio, con un 81% de los accidentes en esquiadores de nivel medio o principiante.¹

En Chile, el esquí competitivo se desarrolla principalmente en tres disciplinas: el esquí alpino, en el que el objetivo es seguir en el menor tiempo posible un trazado de curvas marcadas por palos o "puertas" en una ladera inclinada; el esquí de estilo libre, que es una disciplina más reciente, y se caracteriza por ser más radical y acrobática; y, el esquí de fondo, en el que se compite contra el reloj en pistas mayoritariamente planas y de largas distancias.

El esquí alpino es por lejos el más popular en Chile, y el con mayor tradición competitiva a nivel mundial. Se corre en cuatro modalidades que van desde la más técnica, el eslalon, en el cual las puertas están a corta distancia y el esquiador debe realizar curvas muy cerradas, hasta el descenso, en el cual las puertas están a mucho mayor distancia, por lo que los esquíes están constantemente apuntando hacia abajo y el deportista alcanza velocidades de hasta 140 km/h. El eslalon gigante y el supergigante son modalidades intermedias de carrera en las que aumenta la amplitud de las curvas y consecuentemente la velocidad alcanzada por el corredor.

El esquí de estilo libre se subdivide a su vez en tres disciplinas: el *ski cross*, que consiste en una carrera de cuatro atletas corriendo de forma simultánea en una pista con saltos y curvas peraltadas similares a la del *motocross*, el *slopestyle*, en el cual los atletas deben realizar trucos en una serie de saltos consecutivos y barandas metálicas, y el *big air*, que consiste en un salto único de gran tamaño en el que se busca realizar acrobacias de gran dificultad técnica. En los últimos dos, el ganador es quien obtenga la mayor puntuación por parte de los jueces.

El esquí como deporte ha evolucionado con el tiempo; mejoras en el diseño y tecnología aplicada a los esquís, fijaciones y botas son algunos de los cambios que se han visto, con el fin de mejorar tanto el desempeño como la seguridad del esquiador.

Las lesiones se pueden catalogar según los días de ausencia que presenta el esquiador en la práctica del deporte, siendo leves cuando no generan ausencia, mínimas, con ausencia de 1 a 3 días, medias, de 4 a 7 días, moderadas, de 8 a 28 días, y graves, de más de 28 días.²

En el estudio de Vidal y col.³ se evaluaron las lesiones de un solo centro de esquí desde el 1992 al 2015, y se demostró una tasa de 3,5 lesiones por cada 1.000 días esquiador sin variación significativa a lo largo de los años.

Si vamos a evaluar las cifras de lesiones a nivel competitivo, estas son mayores. La Federación Internacional de Esquí (FIS) hace un reporte de las lesiones descritas por los competidores a través de encuestas al finalizar la temporada desde el 2006. Un total de 1.083 lesiones han sido registradas en las copas del mundo en el periodo del 2006 al 2019, de las cuales un 41,3% del total se localizaban en la rodilla, y, de estas últimas, un 61,7% se consideraron como lesiones graves.⁴ De todas las lesiones de rodilla en copas del mundo, 168 (37,6%) involucraban el ligamento cruzado anterior (LCA), resultando en un riesgo absoluto de 5 lesiones del LCA por cada 100 esquiadores por temporada.⁵

En los últimos Juegos Olímpicos de Invierno en PyeongChang 2018, se registraron 376 lesiones, resultando en 12,9 lesiones por cada 100 atletas. Un 33% de lesiones imposibilitaron al atleta de realizar su actividad por 1 o más días, y 7% fueron consideradas graves. De las 49 lesiones que se produjeron 7 o más días de pérdida, hubo 12 que se reportaron como lesión de ligamentos, representado el 24,5% de las lesiones.⁶

Al comparar estos números con otros deportes, en el fútbol vemos 7,7 lesiones por cada 1.000 horas de juego, llegando hasta 28,1 por cada 1.000 horas durante partidos. Al ver el número de lesiones graves, este cae a 0,7 por cada 1.000 horas y a 0,11 por cada 1.000 horas para lesiones del LCA.⁷ La alta incidencia de lesiones de LCA que vemos en esquiadores,

sobre todo de alto rendimiento, es que es un problema para tener en cuenta.

Mecanismos de lesión del LCA

Los mecanismos clásicos de lesión del LCA en esquiadores *amateurs* fueron descritos por Ettliger y col.⁸ en 1995 mediante un análisis de video en el cual se identificaron dos principales mecanismos:

El pie fantasma (*phantom foot*): es el mecanismo más frecuente, común en esquiadores en aprendizaje que tratan de sentarse cuando pierden el control. Se genera una flexión profunda de rodillas cargando el peso en el canto interno del pie de apoyo. Esto atrapa el canto en la nieve, generando una rotación interna de la tibia que produce la lesión (► **Figura 1**).

Mecanismo inducido por la bota (*boot-induced*): se produce cuando el esquiador pierde el balance hacia atrás, apoyando su peso en la cola de los esquís; al intentar extender sus rodillas para recuperar el balance, se genera una traslación tibial anterior que lesiona el LCA (► **Figura 2**).

En esquiadores de nivel competitivo, 3 mecanismos clásicos fueron descritos por Bere y col.⁹ durante la Copa del Mundo entre los años 2006 y 2009, mediante un estudio de video análisis de las caídas.

Mecanismo de aterrizaje con peso atrás (*landing back weighted*): similar al inducido por la bota. El esquiador pierde el balance al saltar, aterrizando en las colas de los esquís. Esto genera dos fuerzas, una de traslación tibial anterior, y una de compresión fémoro-tibial (► **Figura 3**).



Fig. 1 El esquiador pierde el balance sobre los esquís, y genera una flexión profunda de rodilla, cargando el peso en el canto interno y atrapando el esquí con la nieve, lo que genera una rotación interna de tibia que produce la lesión.



Fig. 2 El esquiador, al perder el balance, lleva su peso hacia atrás, lo que causa una posterior extensión de rodillas. Esto traslada las fuerzas desde la bota, generando una traslación anterior de la tibia que produce la lesión.



Fig. 3 El esquiador aterriza del salto con un balance hacia atrás. Se genera un brusco cajón anterior y una fuerza de compresión fémoro-tibial que lesiona el ligamento cruzado anterior (LCA).

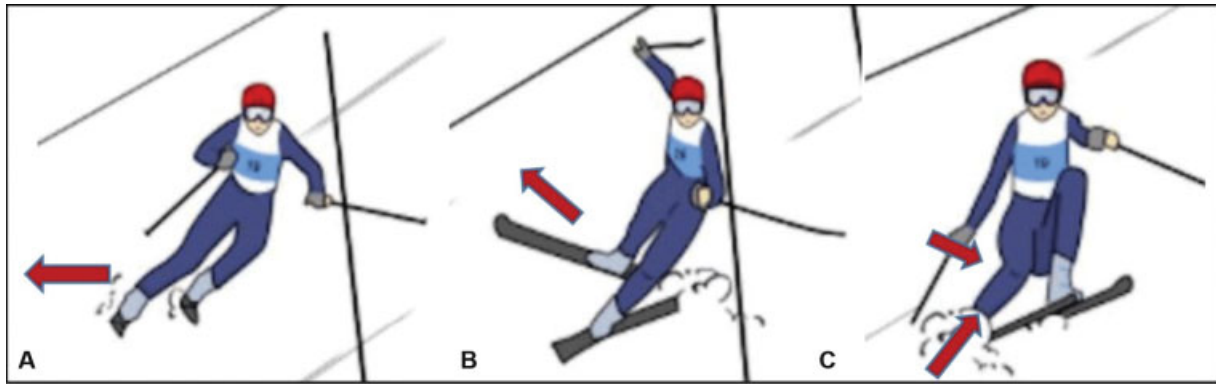


Fig. 4 (A) El esquí externo pierde agarre. (B) Caída hacia interior de la curva, el esquí externo pierde contacto con la nieve, y el esquiador extiende la rodilla para retomar el agarre del esquí en la nieve. (C) El contacto entre el esquí externo y la nieve genera una brusca flexión y rotación interna de la tibia.

Mecanismo de resbalar y capturar (*slip-catch*): es el más frecuente; el esquí del lado externo del giro pierde el agarre en la nieve, separándose del esquiador. El esquiador extiende la rodilla para recuperar el agarre de este y, al hacerlo, se generan bruscas flexión y rotación interna de la rodilla (► **Figura 4**).

Mecanismo de quitanieves dinámica (*dynamic snowplow*): ocurre cuando el esquiador pierde el balance cargando el peso sobre el esquí interno de la curva. El externo se aleja del esquiador, forzando al esquí interno a cambiar su apoyo al canto interno, enganchándose en la nieve y forzando una rotación interna y/o valgo (► **Figura 5**).

Estos dos últimos mecanismos representan el 65% de todas las lesiones de LCA en esquiadores a nivel competitivo.⁹

Como se aprecia en las descripciones anteriores, el valgo y/o rotación interna son los mecanismos principales para la lesión del LCA. Estudios biomecánicos de torque demuestran que el LCA es más vulnerable a lesionarse estando la rodilla en flexión profunda o extensión, tal como ocurre en este grupo de deportistas.

Tratamiento del LCA en esquiadores

Considerando todos los antecedentes ya descritos con respecto a la práctica del esquí, la literatura actual respalda la reconstrucción del LCA (R-LCA) en todo deportista de alto rendimiento, y en paciente con inestabilidad clínica que tenga la intención de retomar la práctica de esta disciplina.

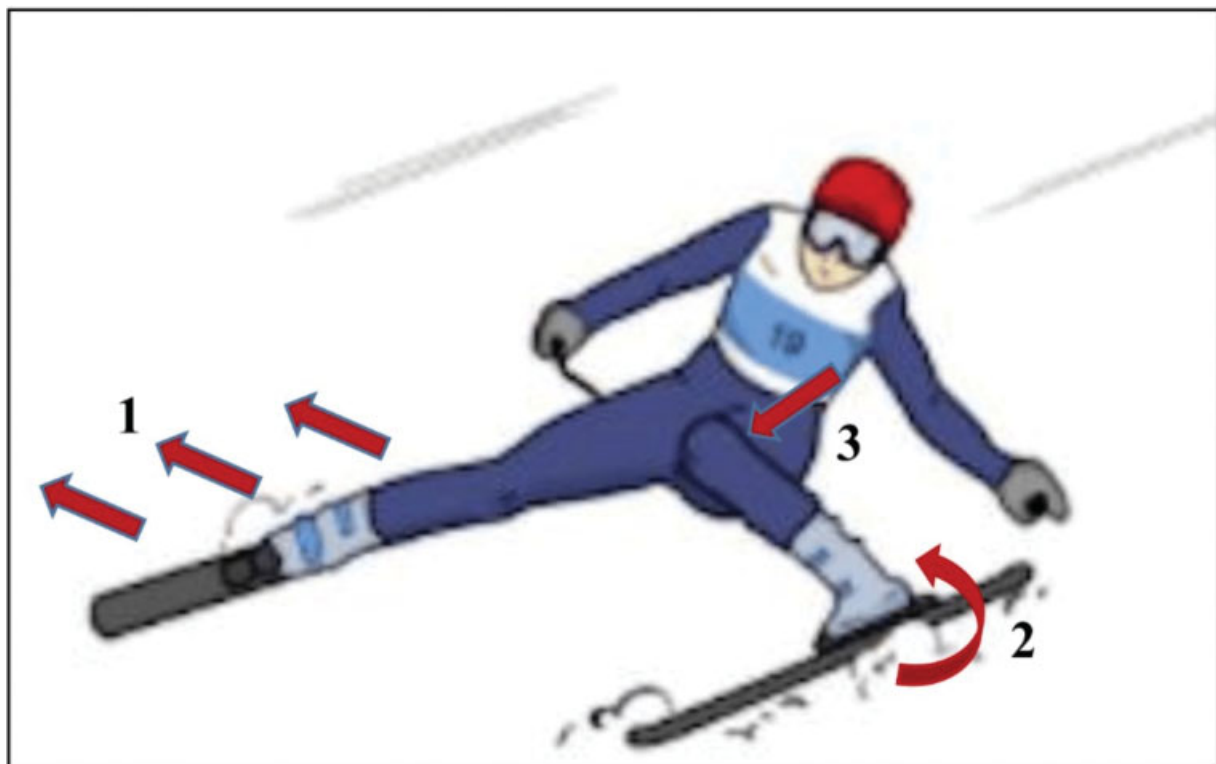


Fig. 5 1) El esquí externo pierde presión y se aleja del esquiador. 2) El esquí interno es forzado a cambiar el apoyo al canto interno. 3) La rodilla del interior de la curva es forzada en valgo y rotación interna.

Previo a la toma de decisión de qué injerto utilizar, se deben considerar variables que van a afectar la morbilidad del paciente, la rehabilitación, el retorno deportivo, y finalmente el riesgo de rerrotura del injerto. Así, se deben tomar en cuenta las propiedades biomecánicas del injerto a utilizar, la edad del paciente, el sexo, y el nivel de competitividad en que se desempeña.

Existen múltiples estudios que buscan encontrar respuesta a cuál es el mejor injerto para cada paciente y deporte en particular, pero muy pocos enfocados propiamente en el deporte blanco.

En relación con lo anterior, lo primero que se debe aclarar es que existe diferencia significativa en la resistencia y sobrevivencia entre un aloinjerto y un autoinjerto en el joven deportista. Según lo concluido por Bottoni y col.¹⁰ en un seguimiento a 10 años, existe una tasa de fallo 3 veces mayor de los aloinjertos. De la misma forma, Maletis y col.¹¹ concluyen que se debe tener en cuenta que a mayor procesamiento del aloinjerto, y mayor tiempo de seguimiento, aumenta el riesgo de revisión de la R-LCA.¹¹ Por lo anterior, en roturas del LCA en deportistas jóvenes, y sobre todo en el alto rendimiento, la recomendación es la reconstrucción con autoinjerto.

Se debe considerar que los músculos isquiotibiales (ISQs) actúan como agonistas del LCA para resistir la traslación anterior de la tibia,^{12,13} lo que confirma el estudio de Behrens y col.,¹⁴ al demostrar que la función neuromuscular deteriorada de los ISQs con fatiga aguda resulta en un aumento de la traslación tibial y de la tensión sobre el LCA.

Los esquiadores realizan giros bidireccionales repetidos con fuertes contracciones musculares excéntricas, que implican niveles máximos de actividad neuromuscular en las extremidades inferiores.^{15,16} Para satisfacer estas demandas, los esquiadores de élite exhiben altos niveles de fuerza de los ISQs y cuádriceps (CUAD), una elevada relación de resistencia (relación ISQs/CUAD), y un marcado nivel de simetría de fuerza en ambas extremidades.^{17,18}

La reconstrucción con autoinjerto de semitendinoso-gracilis (STG) alarga el retraso electromecánico de la flexión de rodilla, lo que puede afectar la estabilidad en situaciones de cambios de dirección y carga.¹⁹ Hiemstra y col.²⁰ demostraron que existe un importante déficit en la fuerza de los ISQs en sujetos con R-LCA con autoinjertos de semitendinoso en comparación con controles. Jordan y col.²¹ concluyeron que la fuerza máxima y la fuerza explosiva de los ISQs y CUAD son determinantes importantes para evaluar los corredores de esquí con R-LCA.

Marder y col.,²² en un ensayo prospectivo aleatorizado de pacientes con R-LCA con injertos STG y hueso-tendón-hueso (HTH), evidenciaron que la única diferencia entre los grupos fue la disminución significativamente mayor en la fuerza muscular de los isquiotibiales en las pruebas isocinéticas del grupo de injerto STG. De la misma forma, Aglietti y col.,²³ al comparar las reconstrucciones con STG versus HTH, reportaron un retorno deportivo de alto rendimiento significativamente mayor en R-LCA con HTH.²³ Así mismo, Oates y col.²⁴ demostraron que ambos injertos tienen valores promedio similares en el artrómetro KT-1000 (Medmetric Co., San Diego, CA, EEUU) similares, y el índice de lesiones futuras y de reintervenciones

no presenta diferencia significativa. Sin embargo, seis lesiones en las rodillas injertadas con tendón STG fueron roturas del injerto, mientras que ninguna de las lesiones en las rodillas tratadas con HTH sufrió rerrotura, por lo que recomiendan el uso de HTH como el estándar para la reconstrucción en esquiadores de élite.

En 2020, Ekeland y col.²⁵ revisaron un total de 711 fallas del injerto con reconstrucción secundaria de LCA en una cohorte de 14.201 sujetos, de los cuales el 19,8% eran esquiadores. La tasa de revisión para los injertos HTH fue de 2,7% en comparación con 6,8% para los injertos STG ($p < 0,001$); y el riesgo de revisión del injerto fue 1,8 veces mayor para STG que para injertos HTH ($p < 0,001$), y 2,8 veces mayor para individuos de edad ≤ 18 años ($p < 0,001$).

De acuerdo con esto, los pacientes jóvenes con alto desempeño deportivo se deben reconstruir con injertos del tendón rotuliano. En pacientes mayores que exigen una menor demanda de sus LCAs, pero desean continuar participando en actividades de riesgo, se reconstruyen utilizando un injerto STG, sin hacer diferencia en cuanto a sexo. En relación con los pacientes que presentan fisis abierta, para evitar las lesiones asociadas a la inestabilidad, la recomendación es reconstruir el LCA con STG evitando el cierre fisiario anticipado, teniendo en consideración el alto riesgo de rerroturas que este grupo etario presenta, a pesar de una técnica quirúrgica adecuada.^{24,25}

Programas de prevención de lesiones y retorno deportivo

Desde inicios de los años 1990, se ha postulado que ciertos programas de entrenamiento enfocados en mejorar la fuerza y el control neuromuscular de los estabilizadores activos de rodilla podrían ser efectivos en reducir el riesgo de lesión. Van Mechelen y col.²⁶ postularon una "Secuencia de la Prevención de Lesiones Deportivas", en la que el estudio de la incidencia de lesiones, los mecanismos lesionales, la creación de programas de prevención y la evaluación de resultados crean un círculo virtuoso en el cual se van ajustando las medidas de prevención a los nuevos desafíos que presenta el deporte,²⁷ pero que a menudo es difícil de probar su efectividad.²⁸ Basándose en este modelo, son múltiples los programas que han intentado demostrar su efectividad en la prevención de lesiones del LCA.

El 2015, Donnell-Fink y col.²⁹ realizaron un metaanálisis en que comparan 12 programas de prevención de lesiones del LCA con un total de más de 17 mil deportistas, en un grupo en el que no se incluían esquiadores, y concluyeron que estos disminuirían en un 51% el riesgo de lesión del LCA. En 1995, Ettlinger y col.⁸ publicaron los primeros resultados del programa de prevención de lesiones del Grupo de Investigación de Seguridad en el Esquí en Vermont, EEUU. En dicho estudio, evidenciaron un 63% de disminución en la incidencia de lesiones del LCA tras la implementación de un programa de entrenamiento y educación a pisteros y patrullas que trabajaban para un centro de esquí.

Actualmente, existe consenso en que la confección de un programa de entrenamiento específico, ya sea para prevención

o previo al reintegro deportivo, debe estar dirigido a aumentar la fuerza y el control neuromuscular de los estabilizadores dinámicos de rodilla.^{30,31} Fort-Vanmeerhaeghe y col.³² sugieren concentrarse en la adquisición de siete habilidades de movimiento fundamentales: estabilidad dinámica (principalmente asociada a perturbaciones y cambios de dirección); resistencia a la fatiga; coordinación; velocidad/agilidad; fuerza; pliometría; y habilidades específicas del deporte o disciplina del atleta. El diseño de dichos programas debe respetar el principio de individualidad y presentar criterios de progresión claros y motivantes.

La evaluación instrumentada del gesto deportivo y la implementación de pruebas de control neuromuscular son útiles, tanto para el diseño de programas de entrenamiento enfocados en la prevención de lesiones como para la confección de planes de retorno deportivo postquirúrgico.^{33,34} Dichas pruebas pretenden pesquisar gestos predictores de lesión como el valgo dinámico y la presencia de asimetrías funcionales en extremidades inferiores, que muchas veces pasan desapercibidas cuando no se les busca dirigidamente.³⁵ Instrumentos como el Vail Sport Test (→ **Figura 6**) han demostrado ser útiles para determinar la condición preparticipativa del esquiador y como criterio de ingreso a programas de retorno deportivo en atletas operados.^{33,36} Estas evaluaciones también resultan efectivas, siguiendo el modelo de Van Mechelen y col.,²⁶ para evaluar la efectividad de los planes de prevención.

En la actualidad, existen múltiples planes de entrenamiento para prevención de lesiones en esquiadores, y se destaca la iniciativa Skadefri/Get Set, del Comité Olímpico Internacional, y el Oslo Sports Trauma Research Center, que compila series de ejercicios sencillos en progresiones de tres niveles.³⁷

Uso de órtesis para el retorno deportivo

A la fecha, existe escasa evidencia respecto a la potencial eficacia de las órtesis funcionales y profilácticas en esquiadores; sin embargo, tres estudios³⁸⁻⁴⁰ han apoyado el uso de estas en pacientes con R-LCA.

En un estudio realizado por Spitzenpfeil³⁸ se evaluó en tres esquiadores de elite la variación de sus tiempos de bajada en una pista de eslalon con y sin el uso de una órtesis. Para esto, se pidió a los esquiadores que usaran alternadamente la órtesis durante nueve bajadas. Los tiempos medidos demuestran que no hubo diferencia estadísticamente significativa al usar la órtesis. Sin embargo, la evaluación de la órtesis por parte de los esquiadores fue negativa en cuanto a agilidad, velocidad del movimiento, y presión incómoda de esta sobre la piel.

Nemth y col.³⁹ evaluaron cambios electromiográficos en seis esquiadores de descenso expertos usando órtesis funcionales diseñadas a medida. Todos sufrieron lesión previa del LCA: tres habían sido sometidos a R-LCA, y cinco presentaban Lachman positivo. Si bien no encontraron diferencias estadísticamente significativas en los resultados, los autores mencionan que, con el uso de la órtesis, hubo cambios en la coordinación y activación muscular, lo que podría contribuir a la estabilidad de la rodilla lesionada. Interesantemente, todos los participantes reportaron sentirse más seguros y con mayor estabilidad con el uso de la órtesis.

En 2006, un estudio prospectivo realizado por Sterret y col.⁴⁰ evaluó el uso de órtesis funcional en trabajadores de un centro de esquí que habían sido sometidos a R-LCA. Se incluyeron 820 rodillas con seguimiento de hasta 6 años, de las cuales un 31% utilizó órtesis. En este estudio, se observó un mayor riesgo de lesión en el grupo sin órtesis (razón de probabilidades [RP]: 2.7;



Fig. 6 Paciente realizando pruebas del Vail Sport Test como evaluación para retorno deportivo.



Fig. 7 Paciente esquiador competitivo sometido a reconstrucción del LCA demostrando utilización de órtesis funcional de rodilla.

intervalo de confianza [IC]: 1.2–4.9), así como un aumento en la necesidad de reoperación (RP: 3.9; IC: 1.2–12.3). Los autores concluyen que el no usar órtesis funcionales en pacientes con R-LCA es un factor de riesgo independiente para una nueva lesión, y recomiendan el uso de órtesis en pacientes con R-LCA. Esto se relaciona con una revisión realizada por Negrín y cols.⁴¹ el año 2017, en la cual se evalúa el uso de órtesis profilácticas y funcionales en esquiadores, resultando en una disminución de rerroturas con el uso de órtesis funcionales en pacientes sometidos a R-LCA (→ Figura 7).

Conclusión

El esquí es un deporte individual con alta tasa de rotura del LCA, debido a la gran exigencia a la que se encuentran sometidas las rodillas. Lo anterior presenta un desafío para el traumatólogo a la hora de plantear un manejo.

La mayoría de las lesiones del LCA en esquiadores son de resolución quirúrgica. En particular, respaldándonos en la literatura expuesta, la recomendación de reconstrucción en deportistas de élite, así como en pacientes jóvenes que pretenden mantener un alto desempeño, debe ser con autoinjerto de HTH por su menor tasa de rerrotura, sin hacer distinción por sexo. En los pacientes mayores, que sometan a menor carga las rodillas, pero pretenden retomar la actividad deportiva de alta exigencia, se recomienda la reconstrucción con autoinjerto de STG, debido a la menor morbilidad del sitio donante. Finalmente, en pacientes con fisis abierta, ante la imposibilidad de uso de HTH por el riesgo de cierre fisiario, se debe usar injerto autólogo de STG.

En relación con la prevención y rehabilitación de las lesiones del LCA, los distintos programas de entrenamiento propuestos se basan en mejorar la fuerza y el control neuromuscular de los estabilizadores dinámicos de la rodilla, evidenciando

disminución significativa de la incidencia de lesiones al relacionar la implementación de programas específicos, así como la evaluación instrumentada del gesto deportivo y pruebas de control neuromuscular.

Durante la vuelta al esquí, se recomienda el uso de órtesis funcionales, pues se ha demostrado que disminuyen el riesgo de rerrotura en los pacientes con R-LCA, no así en los esquiadores sin lesiones previas, en quienes el uso de órtesis no cumple una función protectora.

Conflicto de Intereses

Dr. Negrín relata honorarios personales de Zimmer Biomet y de Smith & Nephew, no relacionados a la presentación de este trabajo. Los otros autores declararon no haber conflicto de intereses.

Referencias

- 1 Asociación de Centros de Esquí de Chile A.G Memoria ACESKI 2017. Revisado el 7 de Julio 2020. <https://aceski.cl/wp-content/uploads/2018/05/Memoria-ACESKI-2017.pdf>
- 2 Fuller CW, Ekstrand J, Junge A, et al. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. *Br J Sports Med* 2006;40(03):193–201
- 3 Vidal A, Barahona M, Rojas JT, Santorcuato M, Aguirre S. Evolution of Injury Rates in Skiers and Snowboarders from a Single Ski Resort: A 23 Years Overview. *EC Orthopaedics* 2018;9(04):182–186
- 4 The FIS Injury Surveillance System. Oslo Sports Trauma Research Center. https://assets.fis-ski.com/image/upload/v1559053066/fis-prod/assets/FIS_ISS_report_2018-19.pdf
- 5 Flørenes TW, Bere T, Nordsetten L, Heir S, Bahr R. Injuries among male and female World Cup alpine skiers. *Br J Sports Med* 2009;43(13):973–978
- 6 Soligard T, Palmer D, Steffen K, et al. Sports injury and illness incidence in the PyeongChang 2018 Olympic Winter Games: a prospective study of 2914 athletes from 92 countries. *Br J Sports Med* 2019;53(17):1085–1092

- 7 Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Injuries among male and female elite football players. *Scand J Med Sci Sports* 2009;19(06):819–827
- 8 Ettlinger CF, Johnson RJ, Shealy JE. A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing. *Am J Sports Med* 1995;23(05):531–537
- 9 Bere T, Flørenes TW, Krosshaug T, Nordsletten L, Bahr R. Events leading to anterior cruciate ligament injury in World Cup Alpine Skiing: a systematic video analysis of 20 cases. *Br J Sports Med* 2011;45(16):1294–1302
- 10 Bottoni CR, Smith EL, Shaha J, et al. Autograft vs allograft anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study with a minimum 10-year follow-up. *Am J Sports Med* 2015;43(10):2501–2509
- 11 Maletis GB, Chen J, Inacio MCS, Love RM, Funahashi TT. Increased Risk of Revision After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Soft Tissue Allografts Compared With Autografts: Graft Processing and Time Make a Difference. *Am J Sports Med* 2017;45(08):1837–1844
- 12 Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med* 1988;16(02):113–122
- 13 MacWilliams BA, Wilson DR, DesJardins JD, Romero J, Chao EY. Hamstrings cocontraction reduces internal rotation, anterior translation, and anterior cruciate ligament load in weight-bearing flexion. *J Orthop Res* 1999;17(06):817–822
- 14 Behrens M, Mau-Moeller A, Wassermann F, Plewka A, Bader R, Bruhn S. Repetitive jumping and sprinting until exhaustion alters hamstring reflex responses and tibial translation in males and females. *J Orthop Res* 2015;33(11):1687–1692
- 15 Berg HE, Eiken O, Tesch PA. Involvement of eccentric muscle actions in giant slalom racing. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(12):1666–1670
- 16 Hintermeister RA, O'Connor DD, Dillman CJ, Suplizio CL, Lange GW, Steadman JR. Muscle activity in slalom and giant slalom skiing. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(03):315–322
- 17 Neumayr G, Hoerthnagl H, Pfister R, Koller A, Eibl G, Raas E. Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *Int J Sports Med* 2003;24(08):571–575
- 18 Turnbull JR, Kilding AE, Keogh JW. Physiology of alpine skiing. *Scand J Med Sci Sports* 2009;19(02):146–155
- 19 Ristanis S, Tsepis E, Giotis D, Stergiou N, Cerulli G, Georgoulis AD. Electromechanical delay of the knee flexor muscles is impaired after harvesting hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2009;37(11):2179–2186
- 20 Hiemstra LA, Webber S, MacDonald PB, Kriellaars DJ. Knee strength deficits after hamstring tendon and patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(08):1472–1479
- 21 Jordan MJ, Aagaard P, Herzog W. Rapid hamstrings/quadriceps strength in ACL-reconstructed elite Alpine ski racers. *Med Sci Sports Exerc* 2015;47(01):109–119
- 22 Marder RA, Raskind JR, Carroll M. Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med* 1991;19(05):478–484
- 23 Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1994;22(02):211–217, discussion 217–218
- 24 Oates KM, Van Eenennaam DP, Briggs K, Homa K, Sterett WI. Comparative injury rates of uninjured, anterior cruciate ligament-deficient, and reconstructed knees in a skiing population. *Am J Sports Med* 1999;27(05):606–610
- 25 Ekeland A, Engebretsen L, Fenstad AM, Heir S. Similar risk of ACL graft revision for alpine skiers, football and handball players: the graft revision rate is influenced by age and graft choice. *Br J Sports Med* 2020;54(01):33–37
- 26 van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *Sports Med* 1992;14(02):82–99
- 27 Spörri J, Kröll J, Gilgien M, Müller E. How to Prevent Injuries in Alpine Ski Racing: What Do We Know and Where Do We Go from Here? *Sports Med* 2017;47(04):599–614. Doi: 10.1007/s40279-016-0601-2
- 28 Kröll J, Spörri J, Steenstrup SE, Schwameder H, Müller E, Bahr R. How can we prove that a preventive measure in elite sport is effective when the prevalence of the injury (eg, ACL tear in alpine ski racing) is low? A case for surrogate outcomes. *Br J Sports Med* 2017;51(23):1644–1645
- 29 Donnell-Fink LA, Klara K, Collins JE, et al. Effectiveness of knee injury and anterior cruciate ligament tear prevention programs: a metaanalysis. *PLoS One* 2015;10(12):e0144063
- 30 Ardern CL, Ekås G, Grindem H, et al; International Olympic Committee Pediatric ACL Injury Consensus Group. 2018 International Olympic Committee Consensus Statement on Prevention, Diagnosis, and Management of Pediatric Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Orthop J Sports Med* 2018;6(03):2325967118759953
- 31 Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE. Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *J Orthop Res* 2016;34(11):1843–1855
- 32 Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodriguez D, Lloyd RS, Kushner A, Myer GD. Integrative Neuromuscular Training in Youth Athletes. Part II. *Strength Condit J* 2016;38(04):9–27
- 33 Kokmeyer D, Wahoff M, Mymern M. Suggestions from the field for return-to-sport rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: alpine skiing. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42(04):313–325
- 34 Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med* 2005;33(04):492–501
- 35 Westin M, Harringe ML, Engström B, Alricsson M, Werner S. Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Competitive Adolescent Alpine Skiers. *Orthop J Sports Med* 2018;6(04):2325967118766830
- 36 Garrison JC, Shanley E, Thigpen C, Geary R, Osler M, Delgiorno J. The reliability of the vail sport test™ as a measure of physical performance following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* 2012;7(01):20–30
- 37 Oslo Sports Trauma Research Center. Skadefri. Revisado el 7 de Julio 2020 <http://www.fittoplay.org/>
- 38 Spitzenpfeil P. Development and first evaluation of a novel preventive knee brace for alpine ski racing. Erich Muller, Stefan Lindinger, Thomas Stöggel, editors. *Science and Skiing Volume VI*, Meyer and Meyer (UK) Ltd; 2015:297–207
- 39 Németh G, Lamontagne M, Tho KS, Eriksson E. Electromyographic activity in expert downhill skiers using functional knee braces after anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 1997;25(05):635–641
- 40 Sterett WI, Briggs KK, Farley T, Steadman JR. Effect of functional bracing on knee injury in skiers with anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 2006;34(10):1581–1585
- 41 Negriñ R, Uribe-Echevarria B, Reyes N. Do Knee Braces Prevent Ski Knee Injuries? *Asian J Sports Med* 2017;8(04):e58678