



Universidad
Francisco de Vitoria
UFV Madrid

PROTOCOLO PARA READAPTACIÓN FUNCIONAL DE UNA LESIÓN DE RODILLA

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (CCAFyD).

2016-2017

ALUMNO: JESÚS DE LA MATA

TUTORA: ESTHER MORENCOS

AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto ha sido posible gracias a un conjunto de personas que han contribuido con sus ganas y trabajo durante todo el proceso.

En primer lugar agradecer la gran ayuda de mi tutora, Esther Morencos, por proporcionarme las competencias adecuadas sobre entrenamiento deportivo y ofrecer su tiempo y dedicación para mejorar y perfeccionar este trabajo, además de su instrumento de medición, PUSH band, y sus conocimientos como profesional de la actividad física y el deporte.

En segundo lugar, a mis compañeros de universidad, Javier Montes y Jaime Hidalgo, por facilitarme su tiempo y materiales de entrenamiento como el Beast Sensor. Así como a la propia universidad por prestarme el material y sitio para realizar los test o pruebas correspondientes.

Por último y no menos importante, a mi familia que me ha mostrado su apoyo, preocupación e interés durante todo este largo trayecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	6
RESUMEN.....	7
1. INTRODUCCIÓN.	8
1.1. El esquí como deporte y su incidencia lesional.....	8
1.2. La lesión de fractura de Schatzker tipo V.	15
1.2.1. Fractura de Schatzker.	15
1.2.2. Composición de la rodilla	16
1.2.3. Ligamentos destacables.....	18
1.2.4. Músculos implicados.....	19
1.2.5. Mecanismos de lesión del Ligamento Cruzado Anterior.	21
1.2.6. Ligamento Cruzado Anterior en mujeres.	23
1.3. Rehabilitación para la lesión de Ligamento Cruzado Anterior.	26
1.3.1. Fases del protocolo de rehabilitación	27
1.3.2. Entrenamiento neuromuscular.....	31
1.3.3. Entrenamiento de fuerza.....	32
1.3.4. Flexibilidad.....	36
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO	38
2.1. Objetivos generales.	38
2.2. Objetivos específicos.....	38
3. METODOLOGÍA	39
3.1. Sujeto de estudio	39
3.2. Cronograma de intervención	40
3.3. Pruebas de valoración.....	41
3.3.1. Activities of Daily Living Scale y Sports Activities Scales.....	42
3.3.2. Test de fuerza dinámica máxima de tren inferior.....	42
3.3.3. Test de saltos	44
3.3.4. Test de estabilidad.....	45
3.3.5. Functional Movement Screen	46
3.4. Protocolo de entrenamiento.....	47

4. RESULTADOS.....	53
4.1. Resultados de ADLS y SAS.....	53
4.2. Resultados de fuerza dinámica máxima.....	53
4.3. Resultados de saltos.....	57
4.4. Resultados de “Y” balance test.....	58
4.5. Resultados de Functional Movement Screen.....	61
5. DISCUSIÓN.....	65
5.1. Cuestionarios ADLS y SAS.....	65
5.2. Sentadilla.....	66
5.3. Peso muerto.....	67
5.4. Prensa de pierna.....	68
5.5. Extensora de rodilla.....	68
5.6. Saltos.....	69
5.7. “Y” Balance test.....	70
5.8. FMS.....	71
6. CONCLUSIONES.....	72
7. LIMITACIONES Y FUTURAS LINEAS DE TRABAJO.....	73
8. REFERENCIAS.....	75
9. ANEXO.....	81

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Características y datos del sujeto de estudio.	39
Tabla 2. Cronograma de intervención para lesión.....	40
Tabla 3. Cronograma de las pruebas. L (Lunes), M (Martes), X (Miércoles), J (Jueves), V (Viernes), S (Sábado) y D (Domingo). Todas las pruebas se realizaron en el horario de mañana.	42
Tabla 4. Entrenamiento de fuerza fase 1. La recuperación es entre 3-5 minutos.....	48
Tabla 5. Entrenamiento propioceptivo fase 1. Descanso entre repeticiones de 30 a 60 segundos.	48
Tabla 6. Entrenamiento de fuerza fase 2. La recuperación es entre 3-5 minutos.....	49
Tabla 7. Entrenamiento de propiocepción fase 2. Descanso entre repeticiones de 30 a 60 segundos.	50
Tabla 8. Entrenamiento de fuerza fase 3. La recuperación es de 1 a 3 minutos.	51
Tabla 9. Entrenamiento de propiocepción fase 3. Descanso entre repeticiones de 30 a 60 segundos.	52
Tabla 10. Resultados de la estimación de RM en sentadilla. Valoración antes (pre-test), durante (test-intermedio) y después (post-test) de la intervención. La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos.	54
Tabla 11. Resultados de la estimación de RM en peso muerto. Valoración antes (pre-test), durante (test-intermedio) y después (post-test) de la intervención. La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos.	54
Tabla 12. Resultados de la fuerza máxima en la prensa de pierna. Valoración antes (pre-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).	55
Tabla 13. Resultados de la fuerza máxima en la prensa de pierna. Valoración durante (test-intermedio). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).....	55
Tabla 14. Resultados de la fuerza máxima en la prensa de pierna. Valoración después (post-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).	56
Tabla 15. Resultados de la fuerza máxima en la extensión de rodilla. Valoración antes (pre-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).....	56
Tabla 16. Resultados de la fuerza máxima en la extensión de rodilla. Valoración durante (test-intermedio). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).....	56
Tabla 17. Resultados de la fuerza máxima en la extensión de rodilla. Valoración después (post-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).....	57

Tabla 18. Resultados del pre-test. Salto 1 es One-legged single hop for distance; Salto 2 es One-legged timed hop; Salto 3 es One-legged triple op for distance; y Salto 4 es One legged cross-over op for distance.	57
Tabla 19. Resultados del test-intermedio. Salto 1 es One-legged single hop for distance; Salto 2 es One-legged timed hop; Salto 3 es One-legged triple op for distance; y Salto 4 es One legged cross-over op for distance.....	58
Tabla 20. Resultados del post-test. Salto 1 es One-legged single hop for distance; Salto 2 es One-legged timed hop; Salto 3 es One-legged triple op for distance; y Salto 4 es One legged cross-over op for distance.	58
Tabla 21. Pre-test. Resultados y porcentaje de distancias en los tres planos del “Y” balance test.	59
Tabla 22. Test-intermedio. Resultados y porcentajes de distancias en los tres planos del “Y” balance test.	60
Tabla 23. Post-test. Resultados y porcentajes de distancias en los tres planos del “Y” balance test.	61
Tabla 24. Pre-test de Funcional Movement Screen (FMS). La sentadilla y el fondo se valoran de forma bilateral otorgando un solo número. Los valores de puntuación son 0(si apareciera dolor), 1(no es capaz de realizar la acción), 2(una o más compensaciones) y 3 (no realiza ninguna compensación).....	62
Tabla 25. Test intermedio de Funcional Movement Screen (FMS). La sentadilla y el fondo se valoran de forma bilateral otorgando un solo número. Los valores de puntuación son 0(si apareciera dolor), 1(no es capaz de realizar la acción), 2(una o más compensaciones) y 3(no realiza ninguna compensación).	63
Tabla 26. Post-test de Funcional Movement Screen (FMS). La sentadilla y el fondo se valoran de forma bilateral otorgando un solo número. Los valores de puntuación son 0(si apareciera dolor), 1(no es capaz de realizar la acción), 2(una o más compensaciones) y 3(no realiza ninguna compensación).....	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1. Imagen tomada de Huidobro. G (1966). Distribución porcentual de los accidentes ocurridos en la Selva Negra y Alpes Bávaros.	13
Ilustración 2. Imagen de tomada Álvarez Lopez, A., et al (2010) Gráfico 5. Clasificación de Schatzker.	16
Ilustración 3. Componentes de la rodilla (tomada de lesiones deportivas y fisioterapia, WordPress; https://lesionesdeportivas.wordpress.com/).....	17
Ilustración 4. Músculos que envuelven la rodilla (tomada de patologiasenrodilla.blogspot.com.es/ patologías en la rodilla, componentes del MMII)	19
Ilustración 5. Diferencias en la pelvis y longitud del fémur entre hombres y mujeres que condicionan la diferencia del ángulo “Q”. (Tomada de Alanis-Blancas et al., 2012)	25
Ilustración 6. Imagen tomada de Berge Otinez, C. (2014), batería de pruebas funcionales. ...	45
Ilustración 7. “Y” balance test plano anterior con pierna derecha e izquierda.	59
Ilustración 8. “Y” balance test, plano posteromedial con la pierna derecha e izquierda.	60
Ilustración 9. “Y” balance test, plano posterolateral con la pierna derecha e izquierda.	61

RESUMEN.

En este trabajo se programa y realiza un protocolo de readaptación en una lesión de rodilla mientras realizaba esquí, fractura tipo V de Schatzker, con consecuencias negativas para los ligamentos cruzados, con mayor afectación de Ligamento Cruzado Anterior (LCA). No es una lesión muy habitual por lo que se establece una planificación individual y adaptada al sujeto lesionado. El protocolo de 13 semanas de duración es un entrenamiento de fuerza para la readaptación funcional de la rodilla, se prioriza el trabajo de fuerza y propiocepción, para mejorar las cualidades de la rodilla lesionada. A pesar de existir limitaciones durante la intervención se muestran mejoras en el desarrollo de la fuerza y propiocepción del tren inferior. Se focaliza la atención en la función del readaptador o preparador físico, pero es importante la formación de un equipo multidisciplinar para lograr una mejor recuperación de la lesión.

Palabras clave: LCA, lesión, rodilla, fuerza, propiocepción y readaptador físico.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. El esquí como deporte y su incidencia lesional.

El esquí nació como el medio de transporte más práctico para desplazarse, comerciar, luchar o cazar en las zonas donde la nieve puede acumularse meses seguidos sin fundirse. El esquí como deporte llegó al continente europeo a través de los noruegos durante el siglo XIX y a principios del siglo XX se empezó a popularizar. Real Federación Española Deportes de Invierno (RFEDI).

Actualmente permanece presente un deporte en la naturaleza tal como el esquí. El esquí es una mezcla de nieve con unas tablas de deslizamientos sujetas a los pies acompañado de botas con dos bastones, además de los materiales destinados a la seguridad y protección (Alonchel, 2008). Mayoritariamente practicado en la temporada de invierno, aunque hay excepciones, ya que se disponen de centros habilitados para la práctica del esquí u otros deportes de invierno como lo es el snowboard.

El origen de la palabra “ski” lo indica Mestre (2003), “término asociado al nombre noruego que se daba a un calzado específico para la nieve utilizado por los países del norte. El nombre proviene de la raíz indo-germánica. La hallamos en las palabras inglesas skid (derrapar), skip (salto), skiff (navegar), slide (deslizarse) y skate (patinar). Existen pues semejanzas léxico semánticas.”

Es una actividad físico-lúdica realizada en espacios abiertos, basada en el deslizamiento por nieve, con gran requerimiento del equilibrio para controlar el riesgo de las caídas. Tanto en competición como actividad lúdica la velocidad de desplazamiento se consigue con el aprovechamiento de la fuerza de la gravedad, a través de la unión del cuerpo con los esquís. El esfuerzo requerido es diferente, aunque nunca se debe dejar de lado técnica, pues es considerado un pilar importante (Alonchel, 2008).

Tejada (2001) considera que “la relación que existe con la kinestésica a través de la sensación cinestésica está relacionada con el movimiento del cuerpo en el espacio y es el factor determinante en la evolución del esquiador. Los gimnastas, los bailarines, patinadores, y buenos esquiadores disponen de una gran cinestesia. Todas estas actividades implican un movimiento preciso, eficiente, elegante, rítmico y relajado en el espacio. Termina afirmando que esquiaremos mucho mejor si disponemos de esa conciencia cinestésica”.

Todos estos elementos tienen relación con la cinestésica o kinestésica corporal, entendido como la percepción y sensación del movimiento (Tejada, 2001). Cuanto mejor equilibrio y percepción mayor capacidad cinestésica corporal. Una parte fundamental de este aspecto es el término de propiocepción que será descrito más adelante.

Los aspectos de la cinestésica lo definen McKenzie y Denlinger (1993) afirmando que “las indicaciones kinestésicas en un esquiador experto están asociadas con: flexión de rodilla, fuerza de las piernas, rotación de la cadera; agarre adecuado de los bastones, presión en las suelas de los pies sobre los esquís, presión en los cantos y agarre de los esquís al inicio de la curva; el deslizamiento de los esquís; y el cambio de peso y de equilibrio”. Todos esos aspectos deben estar entrelazados para lograr ser eficiente en el movimiento así como para evitar lesiones.

Como en tantos otros muchos deportes el esquí se puede dividir en esquí de competición y esquí recreativo. Es cierto que la mayoría de practicantes de esquí no pertenecen al alto rendimiento, pero a pesar de ser solo un deporte enfocado al ocio, sigue existiendo posibilidad de sufrir una lesión. Las lesiones pueden producirse tanto en el tren superior como en el inferior.

Cuando se habla de esquí de competición hablamos de esquí alpino, se basa en el descenso con los esquís en el menor tiempo posible siguiendo un trazado sinuoso marcado por unas puertas. Las características de la competición dependen de la disciplina que se practique, como son el descenso, slalom, slalom gigante y una combinación de ambas (RFEDI).

“El esquí alpino desde hace años tiene una reputación como un deporte de riesgo para los esquiadores debido a las frecuentes lesiones de rodilla y fracturas inferiores en la pierna. Tener mejoras en las fijaciones, botas y tecnologías correspondientes han reducido el número de fracturas de tibia y lesiones de rodilla. Sin embargo la rotura grave de ligamentos así como lesiones en la cabeza siguen sin resolverse completamente” (Johnson, Ettlinger y Sheady, 2009).

“Entre los esquiadores, la rodilla ha sido reconocida como el lugar más común de lesión, representado el 20%-27% de todas las lesiones de esquí” (Ekeland, Sulheim y Rodven, 2005).

Como en todo deporte o práctica deportiva hay ciertos factores de riesgo que intervienen en la lesión en el caso de sufrir un accidente. Se dividen en factores internos y factores externos. Para Ciro, Rodríguez, Arango, Giraldo y Ching (2007) los factores de riesgo son complementarios entre ellos, es decir, ayudan a la aparición de la lesión. En cuanto a los internos son necesarios

para que ocurra la lesión pero no suficientes, y los externos los clasifican como facilitadores en la producción de la lesión. A continuación dichos autores dividen los factores de riesgo interno:

- Edad: se han demostrado con estudios que tanto personas mayores como adolescentes son los más propensos a sufrir una lesión, ya sea por causa de enfermedades degenerativas como la osteoporosis en el caso de los mayores o por algún tipo de tendinopatía o dolor patelar en el caso de adolescentes y menores de 34 años.
- Género: es cierto que el género femenino tiene mayores posibilidades de caer en una lesión que el masculino. Sobre todo en lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) de rodilla, la cual se analizará más adelante.
- Composición corporal: algunos elementos relacionados con la composición corporal afectan al riesgo de las lesiones, como son: el peso corporal y su incidencia en eje axial, la densidad mineral ósea, el tejido graso y sus diferentes medidas antropométricas.
- Estado y salud: en muchas ocasiones la falta de readaptación o rehabilitación de lesiones previas son causas secundarias que influyen en la lesión.
- Acondicionamiento físico: una persona que esté cualificada físicamente hace que el riesgo en la incidencia de la lesión sea menor. Por lo tanto es imprescindible trabajar cualidades como la fuerza, potencia muscular, flexibilidad, rangos de movimiento articulares, consumo de oxígeno... para una óptima condición física.
- Factores hormonales: las alteraciones hormonales tanto en hombre como mujeres puede predisponer a lesiones, sobre todo fracturas por estrés.
- Factores nutricionales: déficit de elementos como calcio y vitamina D, además de los trastornos alimentarios como bulimia y anorexia también están implicados en la incidencia lesional.
- Tóxicos: el consumo de sustancias tóxicas como alcohol, tabaco u otras drogas facilitan el desarrollo de lesiones, pero no solo por alterar la concentración sino también afectando a la densidad mineral ósea.
- Enfermedades metabólicas: algunas enfermedades como la diabetes o el hiperparatiroidismo se relacionan con la densidad mineral ósea y el desacondicionamiento físico.

- Farmacológicos: se relacionan aumentar las lesiones por fractura, alterando la densidad mineral ósea. Algunos son, glucocorticoides, antipsicóticos, quimioterapéuticos...
- Técnica deportiva: está demostrado que la ejecución incorrecta de la técnica produce algún tipo de lesión, ya sea por estrés ocasionado, por uso excesivo o incluso lesiones agudas.
- Alineamiento corporal: una mala colocación de nuestras estructuras anatómicas favorecerán el origen de la lesión, pues se introduce estrés adicional en esa zona de desequilibrio anatómico.
- Coordinación: este factor va acompañado de la técnica deportiva, ya que es necesario para realizar correctamente los movimientos específicos de la disciplina deportiva, en este caso, el esquí. Y sin dicha coordinación dificulta la técnica ocasionando mayor riesgo de lesión.
- Estado mental: se sobrevalora este factor sin tener en cuenta su implicación en los deportes. El estado físico se debe tener en cuenta en la incidencia de lesiones, pues ciertos factores psicológicos como son las características de la personalidad o el historial de momentos estresantes de la vida predisponen al deportista sufrir una lesión, ya sea ansiedad o depresión.

Por otra parte se distinguen los factores de riesgo externos:

- Régimen de entrenamiento: en cuanto al plan de entrenamiento si no se planifica ni realiza adecuadamente puede contribuir a la lesión. Por esa razón los esquiadores no profesionales, sin preparación atlética competitiva tienden más a sufrir lesiones. Aunque si durante el entrenamiento no se llevan unos niveles de intensidad, carga y periodos de recuperación se aumenta el riesgo de lesión.
- Equipos para la práctica deportiva y para la protección: el material y las dimensiones inadecuadas para la práctica del deporte son elementos que propician la lesión. También muy importante los elementos destinados a la protección como el caso de deportes de contacto o deportes extremos. En el caso del esquí es muy importante que las botas tengan cierre de seguridad y no fijo, es decir, que se desanclen de los esquís en caso de una fuerza superior a la que pueden resistir. Además el tamaño de los esquís debe ser proporcional a la altura y peso del practicante.

- Características del campo de práctica o de competición: la superficie del deporte practicado incide sobre las lesiones, la cual incrementa cuando estos terrenos son irregulares, blandos o demasiado duros
- Factores humanos: el círculo familiar, los de tu alrededor y la sociedad son componentes que pueden sobrecargar con facilidad al deportista aumentando su incidencia lesional.
- Factores ambientales: las condiciones atmosféricas influyen en la superficie de juego, ya sea lluvia, viento, nieve...elevando el riesgo de lesión.

Los deportes de invierno se practican por millones de personas, registrándose cada día algún tipo de lesión. Tellatin, Boldrini y Roi (2005) muestran que la incidencia de lesiones sobre todo en el esquí ha disminuido en los últimos 30 años, de 5-8 lesiones a 2-3 por 1000 esquiadores del 1970 a los 90. Por otro lado las lesiones más duras han incrementado, principalmente las de rodilla, suponiendo un 35 %. Dentro de las más frecuentes se encuentra la de ligamento lateral de rodilla, mientras que la más grave es considerada la de ligamento cruzado anterior, suponiendo un 20 % (Natri, 1999, citado por Herrero, García y Martínez 2003).

El nivel de experiencia bajo en los esquiadores jóvenes iniciados, con menos habilidades y capacidades motrices, suponen un gran factor de riesgo entre 9 y 10 veces superior respecto a los esquiadores profesionales y experimentados (Goulet, Regnier, Valois y Vulleneuve, 1999).

Como norma general las lesiones producidas en el esquí son producidas por contacto, resultado de una fuerza externa que se aplica directamente sobre la rodilla o en sus alrededores o por una caída, sin contacto, fuerzas generadas por el propio deportista (Bonilla, 2008).

Para Bonilla (2008) según la bibliografía vista, el porcentaje de lesiones del miembro superior es menor que la del miembro inferior, destacando entre ellas el esguince de rodilla.

Huidobro (1966) afirma que “las fijaciones están encargadas de asegurar la continuidad entre la bota y el esquí. Las fijaciones fueran al principio fijas y actualmente predominan las denominadas de seguridad, por cuanto liberan a la bota de esquí cuando se les aplica una fuerza excesiva tanto en sentido antero-posterior como en rotación.”

Para este autor es uno de los elementos que producen riesgo de lesión. Diferencia entre caídas hacia delante, hacia atrás y hacia los lados. Suponen lesiones muy graves si se mezclan con el componente de la rotación ya que afectan directamente a la estructura de la rodilla. Una caída hacia delante provoca una hiperextensión en la rodilla, en el caso de caída hacia atrás no

comprende mucho riesgo a no ser que se mezcle con la rotación muy relacionada con las caídas hacia los lados, que es cuando se produce el momento de la lesión.

Dentro de los factores que influyen de las lesiones Huidobro (1966) hace mención al estado de la pista, “la nieve blanda, fundente, con elevado contenido en agua y por ello más pesada, es la forma más peligrosa, y desgraciadamente muy frecuente en nuestras pistas, pobre en nieve. Es además abundante en las zonas bajas de escasa pendiente en la que se inician los principiantes. Esta peligrosidad de la nieve blanda se debe a que permiten hundirse a los esquíes, pero dificulta sus movimientos por tener que desplazar una masa pesada, una masa que los fija y exige considerable esfuerzo a músculos y ligamentos.” También menciona la pista con nieve helada, afirmando que son mucho más frecuentes las caídas pero con lesiones menos graves.

Como ya se ha explicado anteriormente el mayor riesgo de lesión se produce cuando se da el componente de rotación en las caídas frontales y posteriores, afectando principalmente al miembro inferior. Para Huidobro (1966) “son las lesiones típicas resultado de fuerzas aplicadas en rotación y flexo-extensión forzadas sobre las extremidades inferiores.”

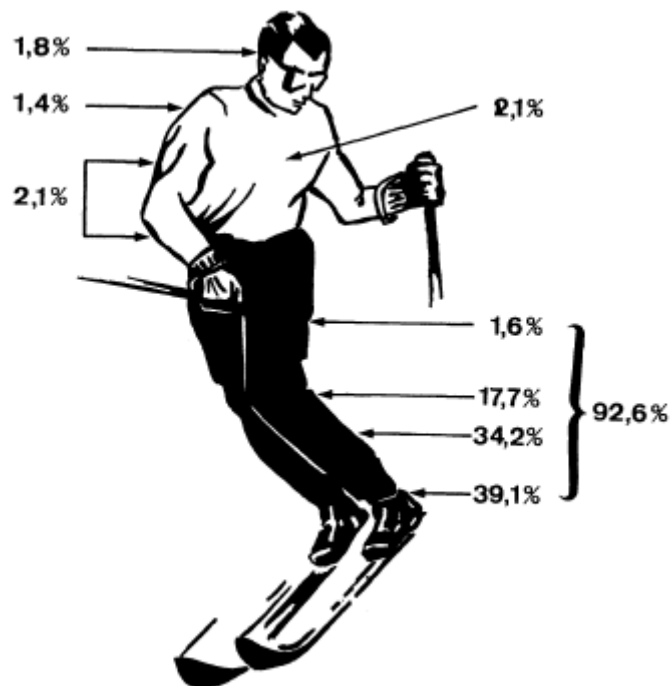


Ilustración 1. Imagen tomada de Huidobro. G (1966). Distribución porcentual de los accidentes ocurridos en la Selva Negra y Alpes Báváros.

Aproximadamente el 90% de las lesiones en el esquí incide en la extremidad inferior, dañando principalmente a la rodilla, huesos de la pierna, tendón de Aquiles, articulaciones y ligamentos del pie. De este 90% de lesiones en el miembro inferior, el 40% pertenece al tobillo, y con un porcentaje más bajo afecta a las rodillas (Huidobro, 1966).

Las lesiones de rodilla son muy clásicas en cuanto al mecanismo, corresponden al movimiento de rotación con la rodilla flexionada. De esta forma suele afectar a los ligamentos laterales y en alguna ocasión a los meniscos.

Las lesiones ocasionadas en la pierna son diversas y las fracturas pueden ser de la tibia o habitualmente de los dos huesos, con posibilidad de fragmento (cuña) de la tibia. Se habla de “fractura a borde de botas” haciendo referencia a la altura y sujeción de la bota de esquí.

Gómez (1996) afirma que los requerimientos físicos para la práctica del esquí alpino de competición y esquí recreativo no son iguales. Las diferencias no son muy significativas pero son determinantes e influyentes para la elección de un plan de entrenamiento.

Según este autor se realizaron estudios en donde midieron y cuantificaron los requerimientos fisiológicos entre un esquiador de competición y otro recreativo. Se compararon los resultados y se llegó a la conclusión de que se necesitaban requerimientos físicos específicos como la resistencia muscular, fuerza, potencia, condición aeróbica y anaeróbica, además de una repetida contracción concéntrica y excéntrica de los cuádriceps sin período de descanso al igual que otras modalidades deportivas (...).

Como se ha visto durante la práctica del esquí a nivel muscular y ligamentoso es exigente para la rodilla ya que se mantiene en tensión constante. Es por eso que la incidencia lesional en las extremidades inferiores, sobre todo en la estructura de la rodilla, es tan elevada que requiere atención y tratamientos individuales dependiendo de que parte se encuentre afectada.

Debido a que las lesiones en el esquí puede tener diferentes consecuencias a nivel óseo, muscular o ligamentoso es necesario elaborar un plan de rehabilitación adaptado a un caso en concreto para restablecer o incluso mejorar las propiedades y cualidades de del sujeto. Por ello el objetivo de este trabajo se enfocará a la búsqueda y elaboración de un plan de readaptación para un sujeto particular con una lesión concreta mientras realizaba esquí, fractura de Schatzker tipo V, con consecuencias negativas para los ligamentos cruzados, en concreto, para el Ligamento Cruzado Anterior (LCA).

1.2. La lesión de fractura de Schatzker tipo V.

Como se ha visto anteriormente el miembro inferior es una de las partes más afectadas, incidiendo sobre todo en la rodilla. En este apartado se hablará principalmente de la estructura y función de la rodilla. Se analizará este tipo de fractura y las consecuencias que tiene.

1.2.1. *Fractura de Schatzker.*

La lesión fractura tipo V Schatzker. “La fractura de meseta tibial (FMT) es una enfermedad traumática, se observa con relativa frecuencia en los servicios de urgencia en la actualidad.” (Álvarez, García, Gutiérrez, y Montanchez, 2010).

Según la búsqueda realizada por Álvarez et al., (2010) nos muestra los porcentajes entre jóvenes y ancianos en relación a la FMT, siendo un 1% y un 8% respectivamente. Los jóvenes tienden más a lesionarse las estructuras blandas, como ligamentos, ya que poseen una estructura ósea fortalecida, mientras que los ancianos sufren una pérdida de la capacidad de resistencia del hueso subcondral, sin asociarse con lesiones ligamentosas.

El mecanismo de lesión traumática se desarrolla mediante una acción de compresión axial junto con un varo o valgo. Se relaciona con caídas desde cierta altura, actividades en la práctica deportivas... Álvarez et al., (2010) analizaron algunos artículos en los que mostraban las estadísticas de la fractura de platillo tibial lateral, 55% y 70%, las fracturas de platillo medial, 10% y 23% y la afección de ambos platillos, 10% y 30%.

La afectación al platillo tibial lateral tiene sus motivos para ser la más frecuente:

- La rodilla por fisiología humana suele estar en valgo y más acentuado en mujeres.
- El cóndilo del fémur tiene forma rectangular.
- La estructura ósea que forma el platillo tibial lateral es más débil que el medial.

En cuanto a la clasificación de la lesión de FMT este autor se rige por la propuesta de Schatzker. Las organiza en dos grupos, fracturas por trauma de baja energía y fracturas por trauma de alta energía. En las fracturas de baja energía son más comunes la afectación del cóndilo tibial lateral, dentro de este grupo se encuentran, tipo I Schatzker, tipo II Schatzker y tipo III Schatzker. Y en las fracturas de alta energía es más frecuente las fracturas de ambos cóndilos, se encuentran las demás, tipo IV Schatzker, tipo V Schatzker y tipo VI Schatzker.

En este caso analizaremos la fractura tipo V Schatzker, ya que es la diagnosticada en la lesión.



Ilustración 2. Imagen de tomada Álvarez et al., (2010) Gráfico 5. Clasificación de Schatzker.

Las fracturas tipo V, son denominadas fracturas bicondilares. Se produce un desplazamiento de ambos cóndilos tibiales. Lo más común es que se fracture el cóndilo medial con una fractura o desviada del cóndilo lateral. Se puede concluir que es una fractura de alta energía por lo que sería necesario realizar una prueba neuromuscular (Álvarez López, A., et al 2010).

Álvarez et al., (2010) establece una descripción acerca de esta lesión. “Las fracturas de tipo V son descritas por Schatzker como fracturas en Y invertida, la fractura comienza en el área intercondilar y se dirige hacia la metafisis proximal de la tibia, separando el cóndilo medial del lateral. Por lo general, la configuración consiste en una fractura desplazada del cóndilo medial asociada a una fractura con depresión de la superficie articular o desplazada del platillo tibial lateral.

1.2.2. Composición de la rodilla.

Según Drake, Vogl y Mitchell (2010) definen la articulación de la rodilla como la mayor articulación sinovial del cuerpo. Se compone por la articulación entre el fémur y la tibia, que soporta el peso y la articulación entre la rótula y el fémur que permite dirigir la tracción del músculo cuádriceps en sentido anterior sobre la rodilla hasta la tibia sin que el tendón se deteriore.

A su vez posee dos meniscos fibrocartilagosos, uno a cada lado, entre los cóndilos femorales y la tibia acomodan los cambios de forma de las superficies articulares durante los movimientos articulares.

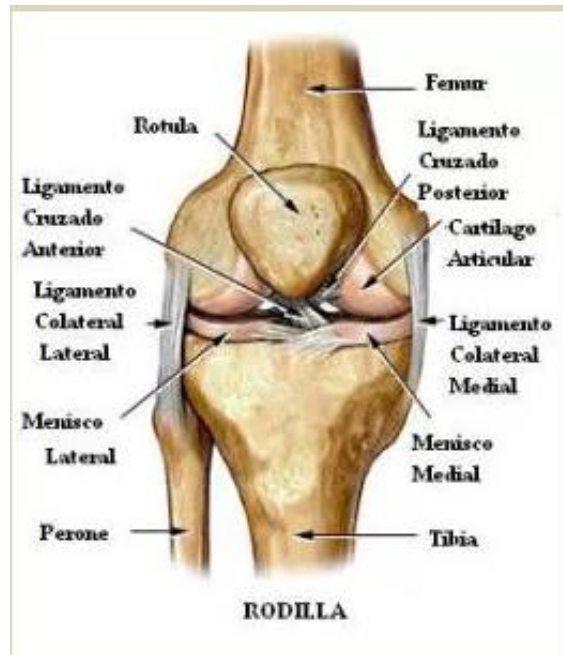


Ilustración 3. Componentes de la rodilla (tomada de lesiones deportivas y fisioterapia, WordPress; <https://lesionesdeportivas.wordpress.com/>)

Los movimientos específicos de la articulación de la rodilla son complejos, pero básicamente es una articulación de tipo bisagra que permite sobre todo la flexión y la extensión. Como en todo este tipo de articulaciones, la articulación de la rodilla está afianzada por ligamentos colaterales, uno a cada lado de la articulación. Además dos ligamentos muy fuertes (los ligamentos cruzados) unen los extremos adyacentes del fémur y la tibia, y permanecen sus posiciones opuestas durante el movimiento.

Para Bonilla (2008) analizando fisiológicamente la rodilla, es una articulación con un solo grado de libertad de movimiento, llamado flexo-extensión, pero a su vez se complementa con un segundo grado de libertad de movimiento, la rotación que aparece únicamente con la rodilla flexionada en el eje longitudinal.

Drake et al., (2010) afirma que la tibia constituye el hueso medial y más grande de la pierna, y es el único que se articula con el fémur en la articulación de la rodilla. Se puede diferenciar en la tibia dos extremos, el extremo proximal y el extremo distal, y entre ellos se encuentra la diáfisis. En este caso interesa el extremo proximal, donde se ubican los ligamentos robustos que estabilizan la articulación.

El extremo proximal de la tibia se expande en el plano transverso para soportar el peso y consta de un cóndilo medial y un cóndilo lateral, que están aplanados en el plano horizontal y sobresalen de la diáfisis.

Las superficies superiores de los cóndilos medial y lateral son articulares y están separados por la región intercondílea, que contiene zonas para la inserción de ligamentos fuertes (ligamentos cruzados) y cartílagos interarticulares (meniscos) de la articulación de la rodilla.

La región intercondílea de la meseta tibial se dispone entre las superficies articulares de los cóndilos medial y lateral. Es estrecha a nivel central, donde se eleva para formar la eminencia intercondílea cuyos lados están más elevados para formar los tubérculos intercondíleos medial y lateral.

1.2.3. Ligamentos destacables.

A continuación se explican los ligamentos correspondientes al complejo articular de la rodilla.

Según Drake et al., (2010) los ligamentos que se asocian a la articulación de la rodilla son ligamento rotuliano, ligamento colateral tibial (medial) y peroneo (lateral), y los ligamentos cruzados:

- El ligamento rotuliano es una continuación del tendón del cuádriceps femoral por debajo de la rótula.
- Los ligamentos colaterales, uno a cada lado de la articulación estabilizan el movimiento en bisagra de la rodilla. Se distingue entre Ligamento Lateral Interno (LLI) y Ligamento Lateral Externo (LLE)
- Los ligamentos cruzados están situados en la región intercondílea de la rodilla y conectan al fémur con la tibia. Se denominan cruzados porque en se cruzan entre sí en el plano sagital entre sus inserciones tibial y femoral.

El ligamento cruzado anterior (LCA) se inserta en una carilla de la parte anterior del área intercondílea de la tibia, y asciende en sentido posterior para insertarse en una carilla de la porción posterior de la pared lateral de la fosa intercondílea del fémur. El LCA evita el desplazamiento anterior de la tibia respecto al fémur.

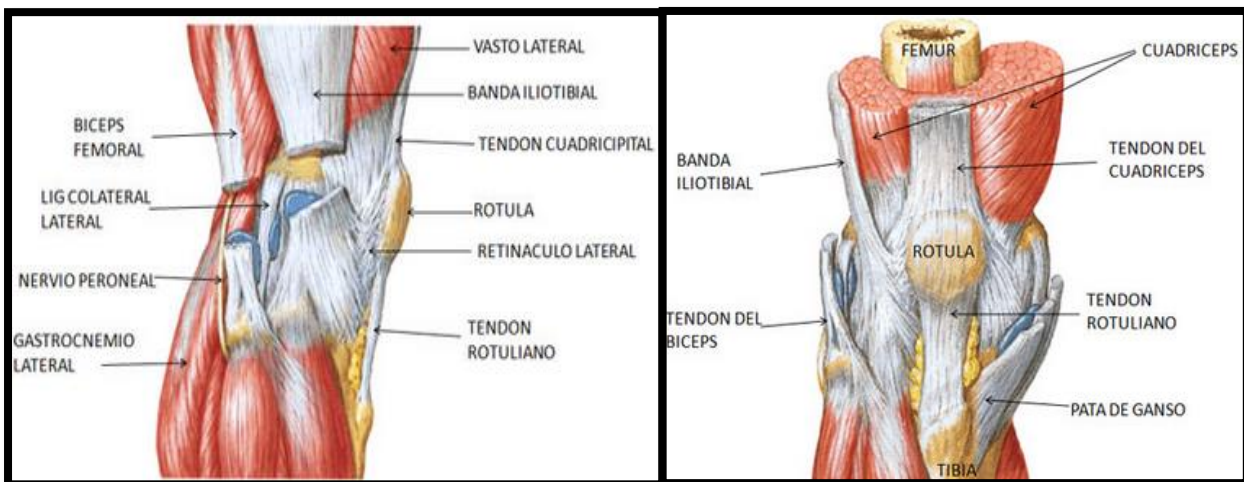
Para Panesso, Trillos y Guzman (2008) el LCA presenta dos bandas o fascículos: anteromedial y posterolateral que toman su nombre de acuerdo con el sitio de unión tibial.

El ligamento cruzado posterior (LCP) se inserta en la cara posterior del área intercondílea de la tibia y asciende en sentido anterior para insertarse en la pared medial de la fosa intercondílea del fémur. El LCP limita el desplazamiento posterior (Drake et al., 2010).

El LCP se compone de dos bandas o fascículos: el posteromedial y el anterolateral (Panesso et al., 2008).

1.2.4. *Músculos implicados.*

Por otro lado se expondrán los músculos asociados a la rodilla. Para Drake et al., (2010) en la extremidad inferior distinguimos entre el muslo y la pierna. Los músculos del muslo y de la pierna esta separados en tres grandes compartimentos por capas de fascia, huesos y ligamentos.



(Vista posterior)

(Vista anterior)

Ilustración 4. Músculos que envuelven la rodilla (tomada de patologiasenrodilla.blogspot.com.es/ patologías en la rodilla, componentes del MMII)

En el muslo existen tres compartimentos:

- El compartimento medial, como son los aductores que actúan sobre todo en la articulación de la cadera.
- El compartimento posterior, como son los isquiotibiales que actúan sobre la cadera mediante la extensión y sobre la rodilla en flexión porque se insertan en la pelvis y en los huesos de la pierna.
- El compartimento anterior, como es el cuádriceps femoral que actúa en la extensión de rodilla principalmente.

Para Panesso et al., (2008) las cuatro cabezas del músculo cuádriceps femoral otorgan la extensión en la rodilla, siendo únicamente el recto femoral el que pase por la cadera y la rodilla. Las cabezas del cuádriceps femoral son: vasto lateral, vasto intermedio, vasto medial y recto femoral.

En el compartimento anterior del muslo se encuentra el cuádriceps que genera una fuerza cizallante anterior de la tibia sobre el fémur durante la extensión completa y una gran tensión sobre el LCA entre el 20°-60° de flexión de rodilla. Su acción principal es la extensión de rodilla.

“El cuádriceps desplaza la tibia en sentido anterior entre 0-70° de flexión oponiéndose al LCA y reforzando al LCP” (Torres y Torrent, 2009).

En el compartimento posterior se distinguen los isquiotibiales, que durante la flexión generan una fuerza cizallante posterior de la tibia sobre el fémur. A mayor flexión mayor es la fuerza generada. Disminuye las fuerzas sobre el LCA entre el 15°-60° de flexión de rodilla. Los músculos isquiotibiales se componen de bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso, encargándose principalmente de la flexión de rodilla (Panesso et al., 2008).

“Los isquiotibiales desplazan la tibia en sentido posterior, reforzando así el LCA” (Torres et al., 2009).

Drake et al., (2010) en la pierna diferencia tres compartimentos. Estos son:

- El compartimento lateral que produce principalmente la eversión del pie.
- El compartimento anterior que produce flexión dorsal del pie y extienden los dedos.
- El compartimento posterior que produce flexión plantar y flexionan los dedos además uno de los músculos también puede flexionar la rodilla porque se inserta a nivel superior en el fémur.

En el compartimento posterior de la pierna se encuentran los gastrocnemios, que ocasionan un empuje anterior de la tibia durante la contracción activa del músculo o durante el estiramiento pasivo por la relación del tendón con el aspecto posterior de la tibia, y el soleo, que durante la cadena cinética cerrada con el pie apoyado en el suelo, puede provocar una translación posterior de la tibia. Su acción principal es flexión plantar (Panesso et al., 2008).

1.2.5. Mecanismos de lesión del Ligamento Cruzado Anterior.

Una vez vista la estructura de la rodilla conozcamos más a fondo el LCA. Según Griffis (1999) el LCA es el ligamento que más contiene el desplazamiento anterior de la tibia, proporcionando así una media de 86% de la fuerza de la resistencia total que soporta el peso del cuerpo sobre la rodilla.

Este autor afirma que de la mayoría de ligamentos que rodean la rodilla, los ligamentos cruzados son de vital importancia para asegurar el funcionamiento normal de la misma. Por lo tanto si estos resultan dañados podrían provocar lesiones e incapacidades tanto dentro del ámbito deportivo como en el de la vida cotidiana.

El diagnóstico de la lesión del LCA se ejecuta mediante la anamnesis, técnica que consiste en la recopilación de sucesos e información durante el mecanismo de lesión. A continuación se realiza una exploración clínica con el fin de observar la inestabilidad articular. Para finalizar el correcto diagnóstico se utilizan métodos de diagnóstico por imagen como las resonancias magnéticas (Álvarez, Silvarrey, Martínez, Melen y Arce, 2008).

Estos autores observaron varios estudios en los que una parte de los pacientes reconocían un tipo de chasquido, concretamente un 40%, justamente en el momento de la lesión, acompañado en la mayoría de los casos de una subluxación e invalidez para seguir realizando la actividad deportiva.

Álvarez et al., (2008) afirman que “en las horas siguientes, alrededor de 70% de los afectados desarrollara un hemartros severo, por lo que durante la exploración física, es frecuente encontrar una pérdida de los contornos normales de la articulación y una inflamación importante.”

Estos autores consideran la maniobra de Lachman como una prueba clínica más fiable para la elección de diagnóstico, con una sensibilidad del 87% al 98%. Indican otras pruebas diagnósticas con menor sensibilidad como las maniobras del cajón anterior y del pivote.

El mecanismo de lesión concreto de LCA puede deberse a una combinación de fuerzas extrínsecas e intrínsecas. Ambas fuerzas pueden generarse por agentes externos, lesiones por contacto, y por agentes internos, lesiones sin contacto (Bonilla, 2008).

Una rotura o deficiencia crónica del LCA permite una translación y una rotación anormal de la tibia. Al caminar o al correr se pueden lesionar uno o ambos meniscos y el cartílago, provocando una artrosis. Sin el cartílago, los huesos, fémur y tibia, friccionan sin protección, la artrosis comienza a evolucionar y como consecuencia existe dolor e incapacidad para caminar, permanecer de pie durante un tiempo prolongado e incluso subir y bajar escaleras (Torres et al., 2009)

Moore (1999) define el mecanismo de la lesión por contacto cuando una fuerza es dirigida hacia anterior que colisiona sobre la tibia y provoca que se mueva hacia delante respecto al fémur o también a través de una hiperextensión forzada. A su vez explica un mecanismo diferente de la lesión de LCA, en donde esta surge cuando el esquiador combina dos factores, la desaceleración de los cuádriceps con la aplicación de la fuerza hacia afuera y una rotación externa sobre la rodilla levemente flexionada.

Gastaldi (2011) afirma que “las lesiones que se producen en el LCA son de importante trascendencia para la vida deportiva de un jugador. La incompetencia del LCA provoca una inestabilidad anterior en la rodilla, que se ha definido como “el principio del final” de la articulación.”

El autor describe los mecanismos de lesión habituales para el LCA:

- Mecanismo de lesión indirecto, caracterizado por ser autolesional. Consiste en un cambio brusco de dirección con el pie fijado en el suelo, se produce un movimiento en valgo-rotación externa-extensión, que gira a las fibras del ligamento desbordando la capacidad y resistencia obteniendo finalmente un desgarro. Mecanismo típico lesión de esquí, en el que el tobillo del esquiador está situado en el interior de la bota, y por lo tanto todas las fuerzas de estrés recaerán sobre la rodilla, produciendo un giro brusco e intenso, forzando el valgo-rotación-externa.
- Otro clásico es tras una mala caída forzando la rodilla como en las situaciones descritas anteriormente, como por ejemplo tras realizar un salto en baloncesto.

Para Bonilla (2008) “la posición de la rodilla, la dirección de la fuerza, la magnitud y su punto de aplicación determinan las estructuras dañadas así como el grado de afectación. Sin embargo cada estructura en particular tiene su mecanismo de lesión.”

Como complemento a los mecanismos descritos por Gastaldi (2011), Johnson (1999) diferencia algunos mecanismos de lesión sin contacto habituales del LCA:

- Mecanismo de lesión producido por las botas de esquí donde se origina un cajón anterior con la rodilla en hiperextensión y la mayoría de las veces ocasiona rotura completa del LCA.
- Mecanismo conocido por “el pie fantasma”, en el que se produce una rotación interna de la tibia sobre el fémur con la rodilla en hiperflexión por la fijación de los esquís, mientras el esquiador se cae hacia atrás. Para él es el mecanismo con el que el LCA se lesiona con más frecuencia.

Para Jarvinen (1994) existe un tercer mecanismo que consiste en un valgo de rodilla junto con una rotación externa de la tibia, afectando en primer lugar al Ligamento Lateral Interno, pero si esta tensión es prolongada puede llegar a afectar al LCA.

1.2.6. Ligamento Cruzado Anterior en mujeres.

La participación creciente de las mujeres en el entorno del deporte ha aumentado significativamente en los últimos años, ya sean de élite o amateur, incluso a nivel escolar. Esta gran participación se ha desarrollado en una práctica deportiva mucho más agresiva y veloz, lo que quiere decir que su vez se ha incrementado el número de lesiones así como su complejidad. Los deportes más involucrados con la lesión del LCA son fútbol soccer, basquetbol, voleibol, hándbol, rugby y atletismo (Alanis, Zamora y Cruz, 2012)

La rotura del LCA representa el 50% de las lesiones ligamentosas de rodilla, produciéndose el 75% durante actividades deportivas, afectando en mayor proporción a las mujeres que a los hombres (Torres et al., 2003).

Como bien se ha descrito anteriormente las lesiones de LCA se producen mediante lesiones por contacto o sin contacto. En torno al 70% son rupturas del LCA sin contacto, es decir, actividades como detenerse, girar, pivotar o aterrizar después de un salto. El 30% restante corresponde a las lesiones por contacto, ya sea con un jugador o un objeto (Alanis et al., 2012).

Aproximadamente las mujeres deportistas tienen entre 4 y 6 veces más probabilidades que los hombres de sufrir una lesión en el LCA, pero no solo eso, sino que también las mujeres son las propensas a tener una lesión sin contacto. Los autores piensan que es de origen multifactorial, mencionando factores de riesgo como son: ambientales, anatómicos, biomecánicos y hormonales (Yu, Kirkendall y Garrett, 2002).

Alanis et al., (2012) revisó algunos estudios relacionados con los factores anatómicos para averiguar los elementos que incidían más sobre el riesgo de lesión en mujeres. Entre ellos encontramos:

- Muneta et al., (1985), observaron diferencias en el área transversal del LCA comparando a mujeres y hombres. Los resultados encontrados fueron que los hombres poseían un área mayor, por lo tanto las mujeres tienen un diámetro menor pudiendo ser un factor de riesgo.
- Otro estudio de Loudon et al., (1996) realizó una medición sobre la postura de las mujeres, identificando la posición de cadera y pelvis en bipedestación, posición sagital y frontal de la rodilla, longitud de los isquiotibiales, angulación de la articulación subastragalina e inclinación del escafoides. Llegaron a la conclusión de que existían diferencias importantes respecto a mujeres sanas, pero sin aclarar si es considerado un factor de riesgo para el LCA.
- El estudio de Huston et al., (2000), hace referencia al famoso ángulo “Q”, definido como el ángulo formado por la cadera respecto a la rodilla. Su valor normal se encuentra entre 8° y 17°, aunque en mujeres aumenta, ya que la cadera suele ser más ancha y el fémur más corto. Cuando existe este ángulo “Q” aumentado, eleva el estrés sobre los ligamentos de la rodilla (figura 4).
- Un estudio de Nunley et al., (2003) afirma que existe una fuerza cizallante aplicada en la tibia por el tendón del cuádriceps sobre el ángulo que se forma entre el tendón rotuliano y la diáfisis de la tibia. Los resultados obtenidos en un grupo de mujeres y hombres que practicaban el mismo deporte mostraron diferencias importantes en el ángulo entre el tendón rotuliano y la diáfisis de la tibia, concluyéndolo como un factor de riesgo en la lesiones de LCA.

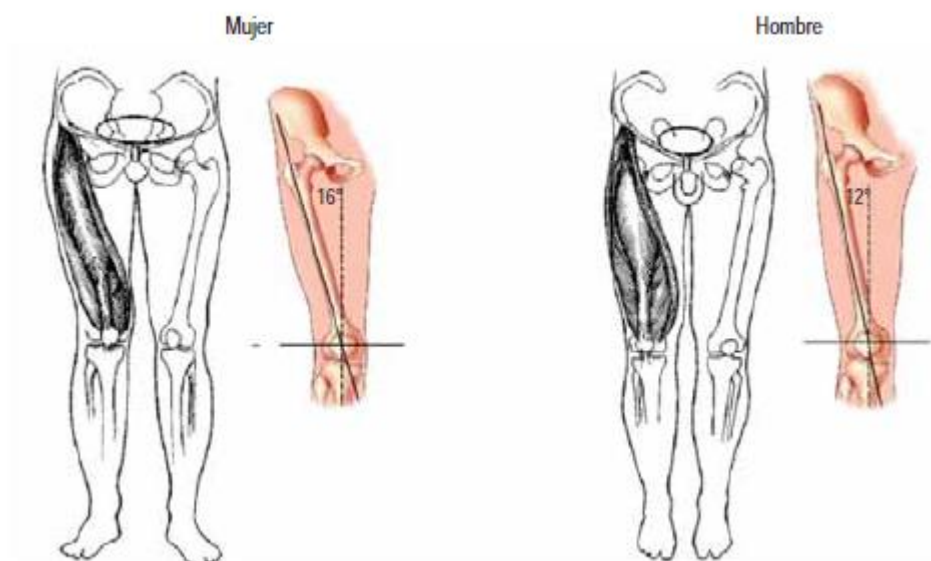


Ilustración 5. Diferencias en la pelvis y longitud del fémur entre hombres y mujeres que condicionan la diferencia del ángulo “Q”. (Tomada de Alanis et al., 2012)

Siguiendo los factores de riesgo mencionados de Alanis et al., (2012), revisa estudios relacionados con los factores hormonales. Llega a la conclusión de que existen hormonas sexuales que afectan al LCA, además de que se ve afectada por las partes del ciclo menstrual y por los anticonceptivos vía oral.

En cuanto a los factores de riesgo biomecánicos destaca:

- Un estudio de Mc Lean et al., (1999), acerca del control neuromuscular mediante una electromiografía, valoró la actividad muscular de las mujeres realizando una actividad deportiva. Determino que el cuádriceps se activa más durante esfuerzos en flexión de rodilla y que los isquiotibiales tienden a relajarse, ocasionando un desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur. Esto ocasiona mucho más estrés en el LCA.
- Otro estudio muestra la relación que existe en los cuádriceps e isquiotibiales realizando ejercicio de correr o detenerse rápidamente pero con una fatiga previa. Los resultados obtenidos son un retraso en la activación del cuádriceps e isquiotibiales, ocasionando situaciones en las que se juntan el valgo y flexión de rodilla, aumentando el estrés sobre el LCA.

1.3. Rehabilitación para la lesión de Ligamento Cruzado Anterior.

Actualmente aunque se haya avanzado e investigado en los procesos de tratamiento y rehabilitación, la lesión del LCA es una de las más frecuentes durante las actividades deportivas y los deportistas continúan teniendo riesgos con efectos negativos sobre su calidad de vida a largo plazo (Alanis et al., 2012).

Debido a esta situación para anticiparse a la lesión es fundamental conocer los factores de riesgo que más inciden sobre dicha lesión. Como hemos visto anteriormente las mujeres son más propensas que los que los hombres en cuanto a la lesión de LCA e incluso realizando el mismo deporte.

Uno de los principales problemas relacionado con la recaída de la lesión de LCA es la re-lesión del mismo ligamento o de otras estructuras que rodean la rodilla (Ramos, López, Segovia, Martínez y Legido, 2008).

Un elemento fundamental para anticiparse y prevenir la lesión es diseñar un programa de rehabilitación. Paredes, Martos y Romero., (2011) informan publicaciones científicas acerca del LCA, en las que evalúan y comparan las diferencias entre realizar un tratamiento conservador y quirúrgico sobre el LCA intentando buscar la relación con actividad deportiva. En ellos se encuentran ejercicios físicos remarcados como la bicicleta o natación para fortalecer los isquiotibiales.

Otros estudios introducen en el periodo del tratamiento la carrera como método recuperador, explicando que es importante obtener la completa movilidad en la rodilla aproximadamente a la quinta o sexta semana, puntualizando sobre la duración de vuelta en los deportes de riesgo, realizándose entre los seis y nueve meses (Parron et al., 2006).

Andrews, Barber y Noyes (1997) también piensan que es beneficioso introducir ejercicios que focalicen la técnica de carrera, además de fortalecer los cuádriceps.

Los autores mencionados anteriormente piensan que los programas de rehabilitación basados en ejercicios funcionales y con unas características adecuadas para cada especialidad deportiva resultan más eficientes en el proceso de recuperación en la lesión de LCA (Paredes et al., 2011).

Para estos autores la amplitud de movimiento de la rodilla es uno de los principales objetivos para realizar el programa de la rehabilitación de la lesión de LCA. Cuando se disponga de una óptima amplitud el siguiente nivel es mejorar la capacidad propioceptiva así como la capacidad

de resistencia y progresar en los niveles de fuerza en la musculatura implicada en la articulación de la rodilla.

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

Para decidir el tipo de tratamiento utilizar, conservador o quirúrgico, dependerá de ciertos factores como el grado de inestabilidad y la limitación funcional de la rodilla, contrastados con los objetivos futuros en la incorporación a la actividad física.

Ramos et al., (2008) afirman que hace tiempo los protocolos de rehabilitación resultaban muy limitantes ya que impedían la movilidad y el apoyo, obligando al uso mantenido de las muletas.

Más adelante Shelburne y Niz (1990) consiguieron revolucionar el mundo de la rehabilitación mediante la incorporación de actividades deportivas para los atletas tras 8 semanas, siguiendo un programa basado por la rápida recuperación del rango de movimiento articular (ROM) y el apoyo prácticamente instantáneo.

1.3.1. Fases del protocolo de rehabilitación.

Según Ramos et al., (2008) el proceso de rehabilitación puede ser estructurado en varias fases. En muchas ocasiones la distinción entre las fases puede resultar de cualquier manera, pues lo importante es poner énfasis en las prioridades del tratamiento y los objetivos destinados a la rehabilitación con lógica y sentido.

Entre otros muchos protocolos de rehabilitación estos autores organizan el programa de rehabilitación en las siguientes fases:

- Fase inmediata (posterior a la lesión y pre-quirúrgica).
- Fase post-quirúrgica.
 - Fase post-quirúrgica I.
 - Fase post-quirúrgica II.
 - Fase post-quirúrgica III.
 - Fase III de rehabilitación de la propiocepción.

- Fase IV de rehabilitación de la propiocepción.
- Fase V de rehabilitación de la propiocepción.
- Fase de entrenamiento funcional.
- Retorno al ejercicio físico o al deporte.
 - Pruebas funcionales y recomendaciones para el retorno.

Fase inmediata: los principales objetivos se centran en reducir la inflamación, evitar el dolor, mantener o mejorar la amplitud de movimiento, conservar la fuerza muscular y comenzar la relación entre el equipo de rehabilitación y el paciente.

Es fundamental que desaparezcan o de alguna manera disminuyan los ejercicios de alto impacto o que impliquen algún mecanismo de salto, cambio de ritmo o dirección, aceleración y desaceleración.

Fase post-quirúrgica I: conocida como la recuperación temprana, comprendida entre las 2 y 4 semanas. Según varios autores, para Ramos et al., (2008) los objetivos más destacados son completar la extensión de rodilla y recuperar el control muscular. Importante controlar el dolor y la inflamación pues da lugar a consecuencias negativas que influyen en la operación.

La crioterapia es muy utilizada para controlar el dolor e inflamación.

Para mejorar el rango de movimiento es necesario utilizar ejercicios activos y pasivos progresivamente. Si los pacientes no cumplen los objetivos propuestos en el arco de movilidad se tratara más intensamente.

En esta fase comienza el trabajo propiocepción con ejercicios muy básicos principalmente la primera semana.

Majima et al., (2002) afirman que “el control de la inflamación y el dolor promueve el control neuromuscular y la activación del cuádriceps, lo cual ayuda a mantener la extensión y facilita la deambulación.”

Fase post-quirúrgica II: se encuentra en la 6ª y 10ª semana con alguna debilidad en el injerto, ya que aún es vulnerable. (Ramos et al., 2008)

Los objetivos que se proponen son alcanzar el arco de movilidad completo, mejorar la musculatura de la pierna lesionada, progresar en la propiocepción y favorecer la marcha.

El fortalecimiento muscular es un aspecto imprescindible en esta fase por todos los hechos fisiológicos y biomecánicos que aseguran los beneficios que produce durante la rehabilitación.

Para Kai-Nan, (2002) cuando se produce una lesión va acompañada de la debilidad muscular. Normalmente se genera hipotrofia y consecuentemente el tamaño y la sección transversal disminuyen con una proporción menor de fuerza. Por eso recomienda un trabajo específico de fortalecimiento de los músculos hipotróficos que han sufrido un deterioro funcional crónico.

La función muscular no solo depende de los componentes anteriores, también es necesario dominar la estabilidad articular proporcionada por aspectos biomecánicos estáticos y dinámicos. Está compuesta por tres factores importantes, el equilibrio, la propiocepción y coordinación (Ramos et al., 2008).

Se prosigue con el trabajo propioceptivo, aumentado progresivamente la dificultad.

Fase post-quirúrgica III: también denominada fase progresiva funcional, en ella se incorporan ejercicios para mejorar o aumentar las cualidades físicas y deportivas base como son la flexibilidad, fuerza, resistencia, resistencia aeróbica... la cuales proporcionarán al paciente comenzar con la carrera y otro tipo de ejercicios funcionales adaptados al deporte u actividad que realice. (Ramos et al., 2008)

Esta fase comienza a los 2 o 3 meses tras la operación, ya que hasta entonces el injerto no está del todo preparado para soportar ciertos niveles de tensión. Una vez alcanzados los dos meses el injerto responde a las fuerzas para reincorporarse funcionalmente (Menetrey et al., 2008)

A partir de este momento, la flexibilidad y el fortalecimiento muscular son fundamentales. En cuanto a la flexibilidad se recomiendan técnicas estáticas tipo contracción-relajación. Como recomendación la ayuda de un profesional fisioterapeuta. Por otro lado el fortalecimiento muscular se considera más eficaz en la combinación simultánea de contracciones concéntricas y excéntricas (Ramos et al., 2008).

Esta fase subdivide el trabajo de propiocepción en tres fases, en la cuales se va aumentando y progresando en la dificultad.

Fase de entrenamiento funcional: es la fase más cercana para el inicio de actividades deportivas, pasadas unas 16 semanas de la operación.

Como objetivos de mayor categoría se encuentran, estabilidad sobre un pie, progresar en la carrera e iniciar ejercicios pliométricos, los cuales utilizan simultáneamente la contracción concéntrica y excéntrica, además de movimientos de aceleración, desaceleración y cambios de ritmo. (Ramos et al., 2008)

Retorno al ejercicio físico o al deporte: Según la bibliografía encontrada por Ramos et al., (2008) concluyen que la incorporación de la carrera está a partir de los 2-3 meses y la vuelta completa al entorno deportivo y físico se encuentra alrededor de los 6 meses.

Se diferencia entre deportes de bajo, medio y alto impacto. Para cada uno de ellos el tiempo de recuperación varía, siendo 3-9 meses, 5-8 meses y 4-18 meses respectivamente (Frontera, 2003)

Pruebas funcionales y recomendaciones para el retorno: Para Ramos et al., 2008 es muy importante la seguridad del paciente antes las actividades deportivas y mucho más para las de alto impacto. Para ello estos autores según la bibliografía buscada es necesario establecer unos objetivos mínimos:

- Criterios de la cirugía: estabilidad funcional de la rodilla, tanto estática como dinámica
- Criterios de rehabilitación: sin dolor e inflamación, arco de movilidad completo, adquisición de fuerza muscular y equilibrio.
- Criterios psicológicos y sociales.

Cuando se valore a los pacientes es necesario realizarle unas pruebas funcionales. Las pruebas para la capacidad muscular y estabilidad funcional son: el salto a distancia a una pierna, el triple salto a distancia con una sola pierna y salto vertical (Ramos et al., 2008).

Hay que tener en cuenta que la fuerza de los hombres en isquiotibiales y en cuádriceps debe superar el 40% y 80% respectivamente de peso. Mientras que los valores de las mujeres son inferiores comprendiendo un 35% y 70% respectivamente.

Para valorar la estabilidad de la rodilla se realiza la prueba el desplazamiento anterior de la rodilla mediante un artrometro (Shelbourne et al., 1990). Estos autores evaluaron el desplazamiento anterior en pacientes lesionados antes y después de incorporarse a su actividad, encontrando más de 3 mm de desplazamiento.

Hoy día los valores seguros para que los lesionados realicen su retorno deportivo se encuentran por debajo de 5 mm.

1.3.2. Entrenamiento neuromuscular.

El concepto de hacer ejercicio para recuperar el control neuromuscular se introdujo en programas de rehabilitación. Esto se debe a que los mecanorreceptores están localizados en los ligamentos afectando a los impulsos aferentes e impidiendo la conexión con el sistema nervioso central (Tandogan, Mann y Verdonk, 2011).

Los mecanismos estructurales y neuromusculares de las articulaciones son interrumpidos en caso de lesión y la continuación del procesamiento de la información que se perpetúe, lo que llevaría a una disminución en el rendimiento y con ello una nueva lesión. Para la medicina deportiva, la coordinación de cualquier movimiento es la organización interna para el control correcto del sistema motor, además de los ligamentos siendo un elemento fundamental.

Estos autores han definido la coordinación como una interacción cooperativa entre el sistema nervioso y el músculo esquelético, haciendo hincapié en lo importante que es para la prevención de lesiones. La musculatura ha de estar preparada para intervenir en cualquier movimiento voluntario que implique un control postural, sucede tanto en la práctica deportiva como en la vida diaria.

La propiocepción se refiere principalmente a la sensación mecanorreceptora que incluye sentido táctil y de posición. Por supuesto cualquier golpe en los tejidos supondría un daño parcial en los mecanorreceptores y así producir un déficit propioceptivo. El efecto del traumatismo sobre los ligamentos contribuye a la inestabilidad mecánica y funcional produciendo déficits propioceptivos resultando de ahí, microtraumatismos llevando de nuevo a la lesión.

Estos autores afirman que ejercicios de estas características son capaces de mejorar el control motor y por tanto esenciales después de una operación del LCA. Hay que concienciarse para introducir, sobre todo en pretemporada, estos ejercicios dirigidos para las extremidades inferiores centrándose en el equilibrio y acondicionamiento para disminuir las lesiones en ligamentos de rodilla.

Para Kucera, Benages, Lozera y Rocha, (como se citó en Paredes et al., 2011), los ejercicios que se incorporaban en el entrenamiento neuromuscular deberían ser progresivos en cuanto a dificultad, de menos a más, empleando superficies inestables que consiguieran el refuerzo

muscular periférico de la articulación. Los elementos más utilizados como el bosu, fitball, togu, core...entre otros. Este entrenamiento se comprende entre 15-20 minutos y con una duración por ejercicio de 30 segundos por cada extremidad.

También para Tandogan et al., (2012) el entrenamiento propioceptivo es muy sencillo de realizar mediante ejercicios simples en diferente pavimentos, con los ojos abiertos y cerrados, mediante dos apoyos y después progresando hacía un único apoyo. Además una de las mayores categorías que engloban a la propiocepción es el equilibrio, los cuales ayudan a mejorar el sistema propioceptivo en mayor parte de forma estática. Esto autores piensan que se deberían incluir secuencias de movimientos repetidos realizados de manera correcta y lenta ya que es necesario la perturbación que es aplicada a la articulación para iniciar el reflejo de la contracción muscular subconsciente.

1.3.3. Entrenamiento de fuerza.

El entrenamiento de fuerza es un estímulo fisiológico muy potente que tiene efectos considerables en casi todos los sistemas del cuerpo: los músculos, los huesos, los nervios, las hormonas y el tejido conectivo (Coburn y Malek, 2016).

Boeckh y Buskies, (2004) consideran la fuerza como una cualidad imprescindible que beneficia a las disciplinas deportivas. No se le da la importancia necesaria si enfocamos el deporte como método de salud y rendimiento de la vida cotidiana, lo que produce deficiencias del sistema locomotor además de enfermedades cardiovasculares degenerativas. Por lo que el entrenamiento de fuerza ayuda a mejorar el rendimiento y eficacia deportiva, incrementando la condición física además de poseer un fin terapéutico para la mejora de la funcionalidad del aparato locomotor.

Para este autor la fuerza presenta objetivos preventivos, rehabilitadores, de rendimiento, físicos y psíquicos:

- Objetivo preventivo: mejora la capacidad y funcionalidad del aparato locomotor, disminuye el riesgo de lesión y ayuda en los desequilibrios musculares actuando sobre la postura, compensaciones y dolores musculares.
- Objetivo de rehabilitación: acelera el proceso de recuperación tras una lesión, disminuye el dolor y mejora la capacidad funcional del paciente.

- Aumento del rendimiento: produce un aumento significativo de la fuerza proporcionando una importante base y trabaja ambos lados del cuerpo evitando que existan deficiencias musculares unilaterales.
- Configuración física: se consigue mejorar el aumento y eficacia de masa muscular y disminuir el porcentaje de grasa.
- Efectos psíquicos: proporciona una mejora de la motivación, mejor percepción corporal y aumenta el bienestar y autoestima.

La Rosa y Gayte (2003) lo define “como la capacidad física que nos permite ejercer tensión contra una resistencia externa, esta forma de vencer la resistencia puede dar lugar a fuerza estática-isométrica y fuerza dinámica-isotónica.” A su vez la fuerza dinámica-isotónica se subdivide en fuerza concéntrica y fuerza excéntrica.

Gracias al aparato locomotor, formado principalmente por músculos, y al sistema de dirección, compuesto por el sistema nervioso central que envía las señales para realizar la contracción se pueden lograr óptimos niveles de fuerza, muy necesarios para la gran mayoría de actividades deportivas.

Es importante conocer los tipos de contracción que se pueden realizar ya que otorga cualidades positivas función de cómo se trabaje el músculo. Según Coburn et al., (2016) se puede diferenciar tres tipos de contracción:

- Contracción concéntrica: cuando la cantidad de fuerza realizada por el músculo es superior a la resistencia opuesta al movimiento. El músculo vence la resistencia y se acorta.
- Contracción excéntrica: cuando la cantidad de fuerza realizada por el músculo es inferior a la resistencia opuesta al movimiento. El músculo no vence la resistencia y se alarga.
- Contracción isométrica: cuando la cantidad de fuerza es similar a la resistencia opuesta, es decir, el músculo mantiene la misma longitud, no se acorta ni se alarga.

Existe evidencia que demuestra la importancia de trabajar de manera excéntrica para las rehabilitaciones del LCA. Gerber et al., (2007) comparó dos grupos, el grupo que realizó un entrenamiento excéntrico incrementó el volumen y el pico de sección transversal del cuádriceps y del glúteo mayor, respecto al otro grupo. Gracias a este tipo de contracción se produjeron mejoras en la fuerza, funcionalidad y nivel de actividad física a corto plazo.

Boeckh et al., (2004) muestran otro tipo de contracción denominada, contracción_excéntrica-concéntrica, basada en el ciclo de estiramiento-acortamiento, en donde primero se efectúa un alargamiento a pesar de la tensión y posteriormente se acorta en el ciclo concéntrico.

La fuerza se puede entrenar mediante tres mecanismos (La Rosa et al., 2003):

- Mecanismo estructural: enfocado a la hipertrofia, entendido como un aumento del área de la sección transversal del músculo ya que se incrementan tanto el número como tamaño de las miofibrillas. Las cargas comprendidas se situarían entre el 50% y 80% del máximo.
- Mecanismo nervioso: se pueden establecer tres maneras: el reclutamiento de unidades motoras con cargas entre el 0% y 80%; la sincronización entre motoneuronas con cargas del 85% y 100%; y la coordinación intramuscular para la relación entre músculos agonistas y antagonistas adquiriendo un buen aprendizaje de la técnica, con cargas entre el 80% y 90% de la máxima contracción voluntaria.
- Mecanismo elástico: en donde se priorizara el componente elástico en paralelo y el componente elástico en serie, dispuesto en los puentes de actina y miosina, ya que cuanto más componente elástico en paralelo mayor fuerza total.

Balsalobre y Jiménez, (2014), afirman “a pesar de la inmensidad de acciones deportivas todas tienen algo en común, desplazar una carga externa mediante la producción de una carga interna superior a dicha carga. Es decir, en todas las acciones deportivas lo que genera determinados valores de velocidad, potencia o fuerza explosiva es la diferencia entre la fuerza producida por una carga externa y la fuerza interna producida por los músculos esqueléticos.” Por lo tanto obtendríamos dos tipos de fuerza, la interna del sistema musculo esquelético y la externa derivada de la fuerza interna. Esta situación descrita ocurre tanto en deportes colectivos, rugby, como individuales, esquí.

En cuanto a la fuerza puede subdividirse en tres tipos. García (2007) las define de la siguiente manera:

- Fuerza máxima: “es la mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular puede aplicar ante una resistencia dada.”
- Fuerza explosiva: “también denominada fuerza-velocidad y caracterizada por la capacidad del sistema neuromuscular para generar una alta velocidad de contracción ante una resistencia dada.”
- Fuerza resistencia: “es la capacidad de soportar la fatiga en la realización de esfuerzos musculares que pueden ser de corta, media y larga duración.”

Naclerio y Forte (2011) aclaran los efectos que produce la aplicación de fuerzas externas en el organismo. En primer lugar los efectos que determinan los diferentes tipos de fuerzas o cargas externas sobre los cuerpos en los que actúan pueden diferenciarse por la deformación que sufren, de este modo pueden distinguirse los siguientes tipos:

- Cargas de tracción o tensión: ocurre cuando hay un estiramiento de los extremos en los cuerpos sobre los que se produce la fuerza.
- Cargas por compresión: sucede cuando un cuerpo es aplastado por la acción de la fuerza dejándolo con forma gruesa.
- Cargas de cizallamiento: es el resultado del deslizamiento entre dos partes.

Según Naclerio y Forte (2011), la combinación de estos tipos de cargas da lugar a respuestas tales como la flexión, la torsión y giro o rotación. Este tipo de respuestas suceden en acciones deportivas y en la vida cotidiana donde actúan de forma simultánea, reproduciendo gestos y movimientos funcionales. Dichas respuestas ocurren en periodos cortos de tiempo pero con cargas compresivas muy elevadas. Cuando actúan a la vez la incidencia de lesión es mucho mayor pues el estrés mecánico es mucho mayor.

Para Esper y Paus (1998) cuando realizamos un entrenamiento de fuerza produce mejoras en cuanto al reclutamiento de fibras motoras, coordinación intra e inter muscular y un incremento de la sección transversal del músculo. Los dos primeros factores se producen en los comienzos del entrenamiento de fuerza.

Según Coburn et al., (2016) podemos establecer por tanto que existe un tipo de fibra lenta y dos fibras rápidas.

- Fibra lenta: conocida como tipo 1, caracterizada por acción oxidativa lenta, capaces de resistir a la fatiga pero con se contraen y relajan con lentitud.
- Fibra rápida: conocidas como tipo 2. Existen dos tipos, fibra rápida oxidativa glucolítica o IIa y fibra glucolítica rápida o IIx. Para distinguirlas mejor las fibras IIa poseen gran capacidad oxidativa con cierta resistencia a la fatiga, mientras que las IIx son muy fatigables ya que son exclusivamente anaeróbicas.

Esper et al., (1998) afirman “deberemos llegar a trabajar con cargas muy intensas si queremos entrenar las fibras rápidas, las cuales son las fuertes y explosivas y, por lo tanto, las que más condicionan el rendimiento en los deportes de equipo y de velocidad”. Recomiendan trabajar todos los tipos de fibras musculares.

1.3.4. Flexibilidad.

Tras revisar publicaciones de otros autores la flexibilidad la define Hernández (2007), “capacidad para desplazar una articulación a través de una amplitud de movimiento completo, sin restricciones ni dolor, influenciada por los músculos, tendones, ligamentos, estructuras óseas, tejido graso, piel y tejido conectivo asociado”.

La flexibilidad estará condicionada por una serie de factores intrínsecos y extrínsecos. Coburn et al., (2016) nos indican algunos, estructura articular, tejidos musculares y conectivos, hiperlaxitud, edad, sexo, temperatura, nivel de actividad física, entrenamiento de fuerza, elasticidad y plasticidad de los tejidos.

Para Sanchis et al., (1993) una de las consecuencias negativas de la lesión del LCA es la aparición de espasmos en flexores de cadera, isquiotibiales, gemelos y sóleo. “La disminución del arco de la rodilla (especialmente la falta de extensión) y la deambulación sin soporte completo al peso apoyando solo el antepie, favorecen el acortamiento de los músculos flexores de cadera, isquiotibiales, gemelos y soleo”. Debido a esto es necesario incorporar en los programas de rehabilitación ejercicios de flexibilidad y realizarlos de manera regular.

Se diferencian cuatro tipos de entrenamiento de la flexibilidad:

- Estiramiento balístico: son movimientos explosivos y sin apenas control, en los que se utiliza la inercia del movimiento para estirar todos los músculos que participen en el estiramiento.

- Estiramientos estáticos: corresponde a una articulación en la que no es importante la velocidad. Consiste en la relajación y alargamiento de un músculo cuando se pretende estirar. Debe ser lento y controlado.
- Estiramientos dinámicos: destinada a utilizar la capacidad de la articulación para realizar la ejecución de un movimiento. Parecidos al estiramiento balístico solo que sin rebotes. Son movimientos más rápidos.
- Facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP): se describe como una técnica para relajar y destensar aquellos músculos con un aumento del tono. Se suelen realizar con un compañero. Su principio básico es el estiramiento pasivo y contracción isométrica.

A lo largo del tiempo se han propuesto y examinado los diferentes beneficios que proporciona el entrenamiento de la flexibilidad. Según Hernández (2007) después de la revisión de distintos artículos destaca los más importantes:

- Mejora del rango de movimiento articular en las articulaciones previamente entrenadas.
- Previene de lesiones musculares por causas como la tensión.
- Produce un movimiento más fluido gracias al efecto de relajación.
- Previene y reduce la rigidez muscular para la ejecución de movimientos del ciclo acortamiento-estiramiento.
- Retrasa el dolor muscular o agujetas.
- Aumenta el rendimiento deportivo, otorgando mayor longitud correcta al músculo.
- Disminuye la aparición de acortamientos en el musculo esquelético.
- Potencia la coordinación neuromuscular.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO.

2.1. Objetivos generales.

Establecer y llevar a cabo un entrenamiento de 13 semanas para la mejora física y funcional en sujeto tras una lesión en la rodilla izquierda, denominada fractura tipo V de Schazkter, con arrancamiento de los ligamentos cruzados tras un proceso quirúrgico con secuelas en su proceso de rehabilitación.

2.2. Objetivos específicos.

Mejorar las cualidades físicas principales afectadas para la readaptación funcional y reentrenamiento al esfuerzo:

- Aumentar la fuerza y potencia de la musculatura inferior que engloba y protege a la rodilla.
- Activar y mejorar la estabilidad y respuesta propioceptiva de la articulación de la rodilla.

3. METODOLOGÍA.

3.1. Sujeto de estudio.

PERFIL	
EDAD	23 años
PESO	60 kilogramos (kg)
TALLA	1,60 centímetros (cm)
SEXO	Mujer.
DEPORTE	Fitness y el esquí.
LESIÓN PRINCIPAL	Fractura de meseta tibial bituberositaria izq.
LESIÓN SECUNDARIA	Arrancamiento de las espinas tibiales.
MECANISMO	Cambio de dirección, pie fijo y rotación.
LUGAR	La Pinilla.
INTERVENCIÓN MÉDICA	6-03-2015.
INTERVENCIÓN FISIOTERAPEUTA	2015-2016.

Tabla 1. Características y datos del sujeto de estudio.

Tras la lesión es operada y ese año realiza una rehabilitación basada en el apoyo, deambulación y marcha con muletas de la pierna afectada. Acude un año con el fisioterapeuta con el fin de mejorar los rangos de movilidad y movimientos de flexión-extensión en la rodilla, no realizó entrenamiento en sala fitness, ya que no se sentía segura y fuerte con su rodilla. Esto conlleva consecuencias negativas para su recuperación, como son:

- Pérdida de fuerza en el miembro inferior.
- Disminución de sensibilidad y equilibrio.
- Rodilla hiperflexionada lesionada, izquierda. -15° para completar extensión.
- Rodilla hiperextendida no lesionada, derecha.
- Cojera.
- Gonalgia de rodilla, dolor anterior.

La lesión que sufrió se denomina fractura tipo V Schazkter. “La fractura de meseta tibial (FMT) es una enfermedad traumática, se observa con relativa frecuencia en los servicios de urgencia en la actualidad.” (Álvarez et al., 2010). Además de producirse una fractura en la meseta tibial, se añadió el arrancamiento de las espinas tibiales, con mayor afectación para el LCA.

Según la búsqueda realizada por Álvarez et al., (2010) nos muestra los porcentajes entre jóvenes y ancianos en relación a la FMT, siendo un 1% y un 8% respectivamente. Los jóvenes tienden

más a lesionarse las estructuras blandas, como ligamentos, ya que poseen una estructura ósea fortalecida, mientras que los ancianos sufren una pérdida de la capacidad de resistencia del hueso subcondral, sin asociarse con lesiones ligamentosas.

3.2. Cronograma de intervención.

RECUPERACIÓN DE FRACTURA DE SCHAZKTER								
Momento inicial de la lesión	Marzo 2015	2015-2016	Inicio de intervención de readaptación física	Mayo-Agosto 2016			Retorno deportivo	
	TRATAMIENTO MÉDICO	FISIOTERAPIA		PREPARACIÓN FÍSICA + FISIOTERAPIA				
	Dolor			FASE 1	FASE 2	FASE 3		
	Inflamación			Fuerza isométrica				
	Deambulaci3n			Fuerza concéntrica				
	Adherencias				Fuerza excéntrica			
	Rango de movimiento				Pliometría			
		Flexibilidad						
		Propiocepci3n			Trabajo de core			

Tabla 2. Cronograma de intervenci3n para la lesi3n.

La lesi3n que sufri3 se denominada fractura tipo V de Schatzker, ocasion3 una serie de consecuencias negativas en el miembro inferior afectado, la rodilla de la pierna izquierda, por lo que era necesario comenzar con la rehabilitaci3n. La rehabilitaci3n se empez3 a trav3s del m3dico, seguido del fisioterapeuta durante ese a3o. Posteriormente se deber3a incluir la figura del preparador f3sico para mejorar el estado muscular y articular de la rodilla lesionada.

Es por ello que se elaborar3 un protocolo de readaptaci3n f3sica centrado en las cualidades de un preparador f3sico. Campos, Lal3n y Gonzales (2010) definen al “readaptador f3sico-deportivo como un preparador f3sico especializado que, mediante un proceso de ense3anza-aprendizaje, forma y prepara a una persona lesionada, generalmente en una situaci3n individual, en la realizaci3n de ejercicios apropiados y seguros con el objetivo de prevenir, restablecer y/o desarrollar en el menor tiempo posible la condici3n f3sica saludable y de rendimiento.”

Paredes et al., (2011) afirman que no existen apenas referencia o literatura cient3fica basadas en las funciones de planificaci3n y periodizaci3n de la figura del readaptador o preparador f3sico. Por el contrario la gran mayor3a de estudios se enfocan en la medicina deportiva, como es (Ramos et al., 2008).

Para realizar una buena rehabilitaci3n se deber3 introducir ejercicios adecuados para el sujeto lesionado con el fin de prevenir la reca3da en la misma lesi3n, retomar su condici3n f3sica,

controlar la progresión de la lesión y mejorar sus habilidades y cualidades físicas para su incorporación lo más rápido y eficiente posible a su disciplina deportiva (Paredes et al., 2010)

Para la realización de la planificación se han utilizado los principios generales de entrenamiento que los describen Coburn et al., (2106). Estos principios son la base para que el entrenamiento de fuerza no fracase. Son cuatro principios básicos:

- Especificidad: hace mención a la individualidad que se merece el cliente en el entrenamiento. Se debe prestar atención al deporte u actividad física para mejorar con el entrenamiento gestos o posiciones concretas.
- Sobrecarga: es el estímulo o estrés que se consigue tras el entrenamiento y al cual no está acostumbrado en el cliente. Es necesario para obtener los resultados u objetivos deseados. No obstante debe aplicarse de forma lógica y secuencial respetando los principios de variación y progresión para que nuestro cliente se adapte adecuadamente al nuevo estímulo. Es similar al principio de adaptación biológica o principio de supercompensación (Boeckh, W. U. et al., 2004)
- Variación: corresponde con una serie de variables como el volumen, la intensidad, descanso, tipo de ejercicios, frecuencia y velocidad de movimiento. Si no se lleva un desarrollo correcto de dichas variables puede llevar al estancamiento o sobrecarga de nuestro cliente.
- Progresión: hace referencia a las adaptaciones positivas conseguidas en el entrenamiento. Es muy importante modificar el estímulo de los entrenamientos para conseguir una sobrecarga progresiva, que nos permitirá avanzar en nivel e intensidad durante los entrenamientos.

3.3. Pruebas de valoración.

Las pruebas de valoración son test que se han hecho a lo largo de la planificación. Se realizaron al principio de la intervención, un mes antes finalizar y al final de toda la intervención. Con el fin de programar y adaptar los entrenamientos al sujeto lesionado.

Antes de empezar directamente con las pruebas se formó e instruyó al sujeto mediante explicaciones y videos de cada prueba. Se realizaron varios tipos pruebas, test de fuerza dinámica máxima, test de saltos, test de estabilidad y test de dolor.

PRUEBAS DE VALORACIÓN						
L	M	X	J	V	S	D
Cuestionarios	Descanso	Descanso	Test	FMS	Descanso	Descanso
ADLS y SAS			saltos	“Y” Balance		
Test fuerza máxima				test		

Tabla 3. Cronograma de las pruebas. L (Lunes), M (Martes), X (Miércoles), J (Jueves), V (Viernes), S (Sábado) y D (Domingo). Todas las pruebas se realizaron en el horario de mañana.

3.3.1. *Activities of Daily Living Scale y Sports Activities Scales*

Antes de comenzar el entrenamiento, se le pidió al sujeto que rellenara unos cuestionarios para valorar el estado de la lesión. Se denomina Knee Outcome Survey “Activities of Daily Living Scale” (ADLS) y “Sports Activities Scales” (SAS). Se compone de cuatro cuestionarios. Se usan para comprobar cómo afectan los síntomas a su capacidad de realizar actividades funcionales, así como la condición de su rodilla para realizar actividades diarias. (Irrgang, Snyder, Wainner, Fu y Harner, 1998).

3.3.2. *Test de fuerza dinámica máxima de tren inferior*

Las pruebas de fuerza máxima se realizaron para calcular la RM (Repetición Máxima) en los ejercicios de sentadilla, peso muerto, extensora de pierna y prensa de pierna.

La RM se puede definir como la cantidad de kilogramos que un sujeto puede movilizar en un único ejercicio. Es la herramienta más utilizada en el entrenamiento de fuerza para controlar la intensidad del esfuerzo (Balsalobre et al., 2014).

Estos mismos autores proponen medir la RM mediante la velocidad de ejecución del ejercicio. Pasa a ser un indicador fiable y apto para conocer el grado de esfuerzo en cada entrenamiento sin usar la metodología pasada que supone un alto grado de fatiga y mayor riesgo de lesión mediante el reajuste de cargas.

Para el control de dicha velocidad de ejecución se podrá utilizar los transductores lineales de posición y velocidad que miden y analizan la posición y velocidad de desplazamiento en ejercicios con cargas. También es posible medir otras variables como la Rate of Force

Development (RFD), impulso mecánico, potencia o la aceleración mediante cuentas matemáticas. La estructura del transductor lineal es un cable que se engancha al extremo de la barra quedando perpendicular al suelo midiendo óptimamente la velocidad y posición de la barra.

En este caso no se disponía del transductor lineal, por lo que fue necesario utilizar otra herramienta, PUSH band. Balsalobre, Kuzdub, Poveda, y Campo (2016) muestran relaciones significativas entre el transductor lineal y la push band, afirmando que este dispositivo portátil puede calcular la velocidad de ejecución durante el ejercicio de sentadilla con barra en la espalda y es útil para los entrenamientos de fuerza y sus preparadores.

Además de usar la PUSH band como herramienta de medición, se utilizó otro dispositivo portátil, un acelerómetro llamado Beast Sensor. Existe un artículo científico de Beast Technologies S.r.l. (2016) en el que se muestra la validación de este instrumento comparándolo con un encoder lineal, “Chronojump-Boscosystem”. Se observa que existe una buena correlación entre las velocidades de estos dos aparatos, incluso los resultados de velocidad son más elevados en el Beast Sensor.

Fue necesario el uso de aparatos que estimaran la velocidad de ejecución y a partir de ahí calcular la RM. Se usaron dos instrumentos para la medición de los ejercicios de sentadilla y peso muerto:

- Encoder portátil “PUSH Band”.
- Acelerómetro, “Beast Sensor”.

Para los test de fuerza dinámica máxima se realizó el protocolo de Fleck y Kraemmer (2014) para la obtención de la 1 RM. Está estructurado en cuatro fases:

- Fase de calentamiento general: el objetivo es la entrada en calor de las articulaciones y músculos mediante ejercicios de movilidad y amplitud articular ayudados de estiramientos dinámicos.
- Fase de calentamiento específico: se realizan aproximaciones del ejercicio que se va a medir con series de 10 repeticiones con el 50% RM. Si no se conoce la RM, también se puede realizar esas repeticiones con una carga ligera.
- Fase de activación: se comienza con una serie de 7 repeticiones con el 70%, después una serie de 4 repeticiones con el 80%, seguimos con una serie de 1 repetición al 85% y para terminar una serie de 1 repetición con el 90%.

- Fase de búsqueda 1 RM: esta última fase consiste en la realización de 1 repetición para encontrar el 1 RM. Es imprescindible realizar descansos grandes entre series, de mínimo 3-5 minutos.

Cuando se realiza una medición de la RM es importante prestar atención a diversos puntos (Tous, 1999):

- Familiarización: es importante que el sujeto conozca el trabajo con cargas máxima así como el tipo de prueba que se le va a realizar. Es obligatorio que pruebe y sienta antes del día del test.
- Activación: es necesaria para iniciar la actividad del Sistema Nervioso Central (SNC), ejecutando correctamente las fases 2 y 3.
- Descanso: deben ser descansos completos entre 3 y 5 minutos para que la fatiga no sea un limitante.
- Comunicación: la ayuda de un compañero facilitara el desarrollo de la prueba, pues es probable que exista un fallo en la ejecución.

3.3.3. *Test de saltos*

En este tipo de pruebas se detectan las limitaciones funcionales de la extremidad inferior por la afectación del LCA. Se dividen en una serie de posibles pruebas aplicadas para este tipo de caso observando cadera, rodilla y tobillo. Se utilizan para evaluar la simetría entre ambas extremidades (Noyes, Barber y Mangine, 1991):

- One-legged single hop for distance. (Distancia recorrida con un salto a una sola pierna): se tendrá en cuenta la distancia saltada con la misma pierna. Se realiza dos veces con cada pierna.
- One-legged timed hop (Salto con una sola pierna medido en tiempo): se tendrá en cuenta el tiempo que tarda en recorrer con una pierna una cuerda de 6 metros. Se realiza dos veces con cada pierna.
- One-legged triple op for distance, (Triple salto con una pierna): se valorará la distancia recorrida en 3 saltos con una pierna. Se realiza dos veces con cada pierna.
- One legged cross-over op for distance. (Distancia recorrida con saltos a una pierna cruzando una línea): se observará la distancia hecha en 6 metros realizando 3 saltos consecutivos con una pierna. Se realiza dos veces con cada pierna.

Para calcular la simetría se realiza: (Media de la pierna afectada / Media de la pierna sana) x 100.

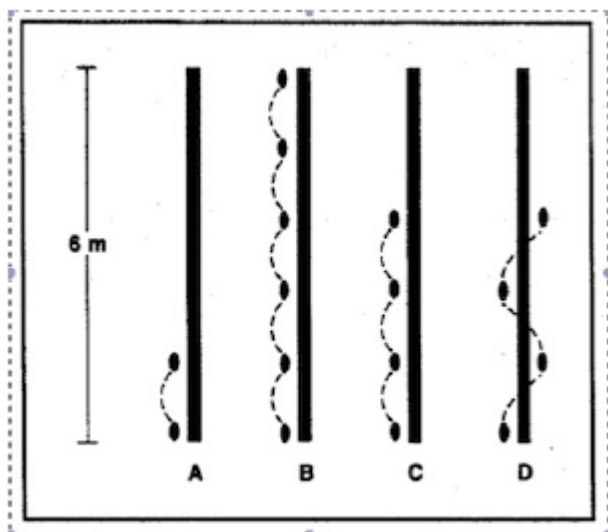


Ilustración 6. Imagen tomada de Berge Otinez, C. (2014), batería de pruebas funcionales.

3.3.4. Test de estabilidad

Esta prueba se obtiene a partir de una prueba llamada “Star Excursion Balance test” (SEBT). Es un test dinámico que requiere de cualidades como la fuerza, flexibilidad y propiocepción, cuyo objetivo es mantenerse sobre una pierna mientras con la pierna contralateral se intenta alcanzar la máxima distancia, en ocho planos diferentes. Se usa para medir para el rendimiento físico, comparar el equilibrio e identificar en los atletas el riesgo de lesión sobre las extremidades inferiores. (Plisky, Rauh, Kaminski y Underwood, 2006).

La prueba que se realiza, “Y” Balance Test, es una modificación del SEBT. En este caso solo se realiza en tres planos: anterior, posteromedial y posterolateral. Fue mostrada al sujeto para que asimilara la ejecución, primero mediante fotos o videos y posteriormente se dejó un tiempo para que practicara. El desarrollo de la prueba consiste en realizarlo tres veces seguidas por pierna en el mismo plano, y después con la contraria.

Para expresar la distancia alcanzada en porcentaje se divide la distancia alcanzada por la longitud de la pierna y multiplicado por 100.

3.3.5. Functional Movement Screen

Es un conjunto de siete pruebas que evalúan los patrones clásicos de movimiento. Estas pruebas son llamadas “Functional Movement Screen”.

“Functional Movement Screen” (FMS). Su principal objetivo es poner a prueba la mecánica de las cadenas cinéticas combinando capacidades de fuerza, rango articular, flexibilidad, equilibrio, coordinación y propiocepción. Es importante observar cual tipo de asimetría en las extremidades (Teyhen et al., 2012).

Las 7 pruebas son:

- Sentadilla.
- Paso sobre valla.
- Estocada en línea.
- Movilidad de hombro.
- Elevación activa de la pierna.
- Fondo, con estabilidad del tronco.
- Estabilidad rotatoria.

Se calificarán en función de las compensaciones durante los movimientos, de 0 a 3. Se le otorga una puntuación de 3 si no realiza ninguna compensación. Si realiza una o más compensaciones, se le puntúa con un 2. Si no es capaz de ejecutar la acción se le otorga un 1. Y si apareciera dolor o molestias durante la ejecución el valor es de 0.

3.4. Protocolo de entrenamiento

En el protocolo se diseña un entrenamiento de fuerza para la lesión de la fractura de Schazkter tipo V (Anexo). Como objetivos principales serán la mejora de musculatura, fuerza, estabilidad y confianza sobre las extremidades inferiores. Se plantea una planificación de fuerza sobre las extremidades inferiores, trabajando principalmente la musculatura que rodea a la rodilla como son, cuádriceps e isquiotibiales. Como complemento se trabajara de manera indirecta los gemelos, aductores, abductores, glúteos mediante ejercicios multiarticulares, además de incidir sobre la musculatura que ayudan en la estabilización central, recto abdominal, lumbar y glúteo entre otros (Paredes et al., 2011; Coburn et al., 2016; Wilk, Macrina, Cain, Dugas y Andrews., 2012; Esper et al.,1998). En cuanto al trabajo propioceptivo, se va progresando en dificultad, usando el suelo, escalones y plataformas inestables como bosus o cojines de equilibrio, como plantea el estudio de Risberg, Mork, Jenssen y Holm (2001).

Se ha desarrollado en los últimos días de mayo, junio, julio y agosto, agrupándolo en tres mesociclos. A su vez subdividido en trece semanas o microciclos. Tres de esos microciclos son para realizar los test correspondientes. El resto de semanas se corresponden con microciclos de ajuste, carga, impacto y mantenimiento.

Un aspecto a destacar es que el sujeto se marcha de vacaciones en el último mes de entrenamiento. Es complicado controlar la carga e intensidad de las sesiones, con lo que se modificaron los objetivos de la planificación y realizo un entrenamiento de mantenimiento.

Los tres mesociclos se clasifican mediante fases:

- Fase 1: iniciación de la rodilla: 3 semanas. Microciclos de ajuste.
 - Objetivo: mediante la actuación del fisioterapeuta mejorar el rango articular y disminuir dolor de la rodilla y comenzar con el trabajo de fuerza y propiocepción básica. Muy importante el equipo multidisciplinar fisioterapeuta y preparador físico. Realizar un trabajo de fuerza resistencia, para que se produzca la adecuada adaptación anatómica.
 - Tareas: ejecuciones y ejercicios básicos de carácter isométrico y concentricos, junto con el nivel básico de propiocepción para mejorar confianza en la rodilla. Intensidad del 20 al 50% RM (Repetición Máxima). Se compone de ejercicios que involucran a músculos del tren inferior como los cuádriceps, isquiotibiales, glúteo, aductores, abductores, y el abdomen entre otros. La intensidad de la

sesión se realiza mediante la carga corporal y a medida que avanzan las semanas se introducen las bandas elásticas.

-Métodos: ejercicios globales para empezar a trabajar la musculatura de la rodilla utilizando la carga corporal y bandas elásticas para el entrenamiento de fuerza y plataformas inestables como el bosu para la propiocepción.

-Sesión tipo: se divide en entrenamiento de fuerza y trabajo propioceptivo.

FUERZA FASE 1					
Semanas	1	Semanas	2	Semanas	3
Ejercicios/sesiones	1-2-3	Ejercicios/sesiones	1-2-3	Ejercicios/sesiones	1-2-3
Sentadilla 45°	3x12	Sentadilla 45°	3x12	Sentadilla 45°	3x12
Sentadilla 90°	3x12	Sentadilla 90°	3x12	Sentadilla 90°	3x12
Deslizamiento de talones	3x12	Peso muerto	3x12	Curl femoral con banda	3x12
Cuadrupedia	3x12	Subir a cajón	3x12	Subir a cajón	3x12
Plancha abdominal variada	3x15"	Plancha abdominal variada	3x15"	Plancha abdominal variada	3x15"

Tabla 4. Entrenamiento de fuerza fase 1. La recuperación es entre 1-3 minutos.

PROPIOCEPCIÓN FASE 1					
Semanas	1	Semanas	2	Semanas	3
Ejercicios/Sesiones	1-2-3	Ejercicios/Sesiones	1-2-3	Ejercicios/Sesiones	1-2-3
Unipodal suelo	3x20"	Unipodal suelo	3x20"	Bipodal bosu	3x30"
desequilibrios		rotación		rotación	
Bipodal bosu	3x20"	Unipodal suelo 4	3x20"	Unipodal bosu ojos	3x30"
Bipodal bosu	3x20"	direcciones		abiertos rotación	
desequilibrios		Unipodal ojos	3x20"	Unipodal bosu ojos	3x30"
Bipodal ojos	3x20"	cerrado suelo		abiertos pelota	
cerrados		Bipodal bosu	3x20"	Unipodal ojos	3x30"
		rotación		cerrados	

Tabla 5. Entrenamiento propioceptivo fase 1. Descanso entre repeticiones de 30 a 60 segundos.

- Fase 2: desarrollo muscular y propioceptivo: 3 semanas. 2 microciclo de carga y 1 impacto.

-Objetivo: fortalecer la musculatura que envuelve a la rodilla, tanto la lesionada como la que no lo está. Realizar un trabajo de fuerza hipertrofia y fuerza submáxima.

-Tareas: Comenzará progresivamente el trabajo con cargas, cumpliendo la regla del “no dolor”, en sala fitness. Intensidad 50-80% RM. Solo se llegaron a cargas del 60-65% RM.

-Métodos: Se trabaja de manera progresiva con cargas isométricas, concéntricas y excéntricas. Es la fase en la que más carga de entrenamiento es introducida. Siguiendo a la vez con un trabajo neuromuscular medio, un nivel más complicado. Los ejercicios excéntricos se introducirán en la tercera semana, comenzando con excéntricos para cuádriceps y para isquiotibiales (Muñoz y Espí, 2014). Debe cumplir satisfactoriamente la progresión de esta fase para llegar a la tercera fase.

-Sesión tipo: se divide en entrenamiento de fuerza y trabajo propioceptivo

FUERZA FASE 2					
Semanas	1	Semanas	2	Semanas	3
Ejercicios/sesiones	1-2-3	Ejercicios/sesiones	1-2-3	Ejercicios/sesiones	1-2-3
Sentadilla	3x10x50 RM	Sentadilla	3x10x55 RM	Sentadilla	3x8x 60RM
Prensa de pierna	3x10x50 RM	Prensa de pierna	3x10x55 RM	Prensa de pierna	3x8x 60RM
Extensora de rodilla	3x10x50 RM	Extensora de rodilla	3x10x55 RM	Extensora de rodilla	3x8x 60RM
Curl femoral	3x10x50 RM	Curl femoral	3x10x55 RM	Curl femoral	3x8x 60RM
Peso muerto	3x10x50 RM	Peso muerto	3x10x55 RM	Peso muerto	3x8x 60RM
Plancha abdominal variada	3x15”	Plancha abdominal variada	3x20”	Plancha abdominal variada	3x25”

Tabla 6. Entrenamiento de fuerza fase 2. La recuperación es entre 3-5 minutos.

PROPIOCEPCIÓN FASE 2					
Semanas	1	Semanas	2	Semanas	3
Ejercicios/Sesiones	1-2-3	Ejercicios/Sesiones	1-2-3	Ejercicios/Sesiones	1-2-3
Bipodal bosu	3x25''	Bipodal bosu	3x25''	Bipodal bosu	3x30''
		rotación		rotación	
Bipodal bosu	3x25''	Unipodal ojos	3x25''	Unipodal bosu ojos	3x30''
rotación		abiertos bosu		abiertos rotación	
Unipodal bosu ojos	3x25''	Unipodal ojos	3x25''	Unipodal bosu ojos	3x30''
abiertos		abiertos progresión		abiertos pelota	
Unipodal bosu	3x25''	Unipodal ojos	3x25''	Unipodal ojos	3x30''
progresión		abiertos pelota		cerrados	

Tabla 7. Entrenamiento de propiocepción fase 2. Descanso entre repeticiones de 30 a 60 segundos.

- Fase 3: fase funcional progresiva de mantenimiento: 4 semanas

-Objetivo: evitar perder las adaptaciones de fuerza y propiocepción adquiridas 6 semanas atrás y conseguir mantener los niveles de fuerza adquiridos.

-Tareas: Se utilizan ejercicios funcionales sencillos principalmente de tren inferior y músculos centrales del tronco. Intensidad ligera, 50% RM, usando únicamente la carga corporal, bandas elásticas y una plataforma inestable, el cojín de desequilibrio.

-Métodos: se corresponde con la última fase final del protocolo. Los ejercicios son de carácter global, en los que se produzca una co-contracción en los músculos de la pierna, involucrando en la misma acción varios músculos agonistas. Para llegar a esta fase es necesario la asimilación de la carga, intensidad y técnica de las anteriores fases.

-Sesión tipo: se divide en entrenamiento de fuerza y trabajo propioceptivo.

FUERZA FASE 3			
<u>Semanas</u>	1	<u>Semanas</u>	2
<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3	<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3
Sentadilla	3x10	Sentadilla	4x10
Elevación glúteo	3x10	Elevación glúteo	4x10
Zancada variada	3x10	Zancada variada	4x10
Subir cajón	3x10	Subir cajón	4x10
Trabajo de core	3x15”	Trabajo de core	3x20”
<u>Semanas</u>	3	<u>Semanas</u>	4
<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3	<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3
Sentadilla	3x15	Sentadilla	4x15
Elevación glúteo	3x15	Elevación glúteo	4x15
Zancada variada	3x15	Zancada variada	4x15
Subir a cajón	3x15	Subir a cajón	4x15
Trabajo de core	3x15”	Trabajo de core	3x20”

Tabla 8. Entrenamiento de fuerza fase 3. La recuperación es de 1 a 3 minutos.

PROPIOCEPCIÓN FASE 3			
<u>Semanas</u>	1	<u>Semanas</u>	2
<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3	<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3
Unipodal con rotación	3x20''	Unipodal con rotación	3x25''
Unipodal ojos abiertos tocando suelo	3x20''	Unipodal ojos abiertos tocando suelo	3x25''
Unipodal ojos cerrados progresión	3x20''	Unipodal ojos cerrados progresión	3x25''
<u>Semanas</u>	3	<u>Semanas</u>	4
<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3	<u>Ejercicios/sesiones</u>	1-2-3
Unipodal con rotación	3x30''	Unipodal con rotación	3x30''
Unipodal ojos abiertos tocando suelo	3x30''	Unipodal ojos abiertos tocando suelo	3x30''
Unipodal ojos cerrados progresión	3x30''	Unipodal ojos cerrados progresión	3x30''

Tabla 9. Entrenamiento de propiocepción fase 3. Descanso entre repeticiones de 30 a 60 segundos.

4. RESULTADOS.

Las mediciones de los test se realizaron tres veces a lo largo de toda la planificación de entrenamiento. Los resultados que se muestran a continuación corresponde con los siguientes test: Activities of Daily Living Scale y Sports Activities Scales, fuerza dinámica máxima, saltos, “Y” balance test y Funcional Movement Screen. Se denominarán pre-test, test intermedio y post-test.

4.1. Resultados de ADLS y SAS

Antes de la intervención del entrenamiento se le pidió al sujeto que rellenara los cuestionarios. Son denominados Knee Outcome Survey “Activities of Daily Living Scale” (ADLS) y “Sports Activities Scales” (SAS). Se compone de cuatro cuestionarios. Los cuestionarios se utilizan para comprobar el estado de lesiones relacionadas con la rodilla y las actividades o movimientos que es capaz de realizar.

Estos cuestionarios los realizo el sujeto antes de comenzar con la intervención (pre-test) y justo al terminar (post-test). Los resultados del ADLS muestran un 91,4 % y un 95,7 % en el pre-test y post-test respectivamente. En los datos del SAS muestran un 72,7% tanto en el pre-test como en el post-test (Anexo).

4.2. Resultados de fuerza dinámica máxima

Se realizó test de fuerza dinámica máxima para los ejercicios de sentadilla, peso muerto, prensa de pierna y extensora de cuádriceps.

En cuanto a la sentadilla y peso muerto se utilizaron estos instrumentos:

- El pre-test se realizó con la “PUSH band”.
- El test intermedio se realizó con un acelerómetro, “Beast Sensor”.
- El post-test se realizó con un acelerómetro, “Beast Sensor”.

SENTADILLA					
RM: 48 kg		RM: 70 kg		RM: 70 kg	
<u>Pre-test</u>		<u>Test-intermedio</u>		<u>Post-test</u>	
Kg	Velocidad ejecución	Kg	Velocidad ejecución	Kg	Velocidad ejecución
39	0,34m/s	70	0,38m/s	70	0,28m/s
34	0,23m/s	67,5	0,43m/s	67,5	0,46m/s
29	0,47m/s	65	0,41m/s	65	0,45m/s
24	0,52m/s	45	0,52m/s	60	0,45m/s
19	0,46m/s	30	0,63m/s	40	0,58m/s

Tabla 10. Resultados de la estimación de RM en sentadilla. Valoración antes (pre-test), durante (test-intermedio) y después (post-test) de la intervención. La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos.

En cuanto a los resultados de sentadilla muestran una mejora de la RM comparando el pre-test, 48 kg, con el test-intermedio, 70 kg, y post-test, 70 kg, tanto en carga como en velocidad de ejecución. Si comparamos el test-intermedio y el post-test observamos únicamente diferencias en la velocidad de ejecución, siendo más altas en el test-intermedio, 0,38 m/s que en el post-test, 0,28 m/s.

PESO MUERTO					
RM: 73 kg		RM: 50 kg		RM: 54 kg	
<u>Pre-test</u>		<u>Test-intermedio</u>		<u>Post-test</u>	
Kg	Velocidad ejecución	Kg	Velocidad ejecución	Kg	Velocidad ejecución
44	0,54m/s	50	0,25m/s	52	0,33m/s
39	0,51m/s	40	0,32m/s	42	0,5m/s
34	0,52m/s	30	0,41m/s	42	0,63m/s
29	0,60m/s	25	0,46m/s	37	0,6m/s
19	0,53m/s	20	0,67m/s	32	0,65m/s

Tabla 11. Resultados de la estimación de RM en peso muerto. Valoración antes (pre-test), durante (test-intermedio) y después (post-test) de la intervención. La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos.

En cuanto a los resultados de peso muerto observamos una gran diferencia de la RM del pre-test, 74 kg, con el test-intermedio, 50 kg, y el post-test, 54 kg. Atendiendo a la velocidad de ejecución, se muestran diferencias entre el test-intermedio y el post test, siendo 0,25m/s y 0,33m/s respectivamente.

En la prensa de pierna y la extensora, se realizó de forma unilateral:

PRENSA DE PIERNA-PRE-TEST				
<u>IZQUIERDA</u>		<u>DERECHA</u>		
%KG	90°	%KG	90°	
11	SI	18	SI	
13,5	SI	23	SI	
16,5	SI	25	SI	
18	SI	27,5	NO	
20,5	NO			

Tabla 12. Resultados de la fuerza máxima en la prensa de pierna. Valoración antes (pre-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).

PRENSA DE PIERNA-TEST-INTERMEDIO				
<u>IZQUIERDA</u>		<u>DERECHA</u>		
%KG	90°	%KG	90°	
20,5	SI	27,5	SI	
22	SI	30	SI	
25	SI	32	SI	
27	NO	35	NO	

Tabla 13. Resultados de la fuerza máxima en la prensa de pierna. Valoración durante (test-intermedio). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).

PRENSA DE PIERNA-POST-TEST				
<u>IZQUIERDA</u>			<u>DERECHA</u>	
%KG	90°		%KG	90°
20,5	SI		27,5	SI
22	SI		30	SI
25	SI		32	SI
27	NO		35	NO

Tabla 14. Resultados de la fuerza máxima en la prensa de pierna. Valoración después (post-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).

En el miembro izquierdo se produce una mejora de la carga de 18 kg en el pre-test a 25 kg en el test intermedio. En el miembro derecho se produce una mejora de la carga de 25 kg en el pre-test a 32 kg en el test-intermedio.

EXTENSORA DE RODILLA-PRE-TEST				
<u>IZQUIERDA</u>			<u>DERECHA</u>	
%KG	90°		%KG	90°
5	SI		11	SI
7	SI		16	SI
9,5	SI		20,5	SI
11	SI		22,5	SI
13,5	SI		27,5	NO
15	NO			

Tabla 15. Resultados de la fuerza máxima en la extensión de rodilla. Valoración antes (pre-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).

EXTENSORA DE RODILLA TEST-INTERMEDIO				
<u>IZQUIERDA</u>			<u>DERECHA</u>	
%KG	90°		%KG	90°
16	SI		25	SI
20	SI		32	SI
25	SI		35	SI
27,5	NO		37	NO

Tabla 16. Resultados de la fuerza máxima en la extensión de rodilla. Valoración durante (test-intermedio). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).

EXTENSORA DE RODILLA POST-TEST				
IZQUIERDA			DERECHA	
%KG	90°		%KG	90°
16	SI		25	SI
20	SI		32	SI
25	SI		35	SI
27,5	NO		37	NO

Tabla 17. Resultados de la fuerza máxima en la extensión de rodilla. Valoración después (post-test). La recuperación es completa entre 3 y 5 minutos. SI (supera 1 repetición máxima con esa carga); NO (no supera 1 repetición máxima con esa carga).

En el miembro izquierdo se produce una mejora de la carga de 13,5 kg en el pre-test a 25 kg en el test intermedio. En el miembro derecho se produce una mejora de la carga de 22,5 kg en el pre-test a 35 kg en el test-intermedio. Las mejoras entre el test-intermedio y el post-test no varían. La fuerza en la extensión de rodilla se ve aumentada, mejorando principalmente la actividad muscular del cuádriceps.

4.3. Resultados de saltos

El test de saltos se hizo dos días posteriores al test de fuerza máxima, para que el sujeto pudiera descansar entre 24 y 48 horas. Se realizaron tres días de pruebas, pre, intermedio y post a lo largo de la intervención.

Las diferentes pruebas de salto son: One-legged single hop for distance, One-legged timed hop, One-legged triple op for distance y One legged cross-over op for distance.

PRE-TEST				
Pierna/Distancia	Salto 1	Salto 2	Salto 3	Salto 4
Derecha 1	84,5 cm	4'12"	235 cm	163 cm
Derecha 2	85 cm	4,15"	237 cm	160 cm
Izquierda 1	0 cm	0"	0 cm	0 cm
Izquierda 2	0 cm	0"	0 cm	0 cm

Tabla 18. Resultados del pre-test. Salto 1 es One-legged single hop for distance; Salto 2 es One-legged timed hop; Salto 3 es One-legged triple op for distance; y Salto 4 es One legged cross-over op for distance.

TEST INTERMEDIO				
Pierna/Distancia	Salto 1	Salto 2	Salto 3	Salto 4
Derecha 1	123 cm	3'48"	370 cm	300 cm
Derecha 2	125 cm	3'50"	371 cm	302 cm
Izquierda 1	70 cm	4'62"	214 cm	116 cm
Izquierda 2	71 cm	4'63"	212 cm	117 cm

Tabla 19. Resultados del test-intermedio. Salto 1 es One-legged single hop for distance; Salto 2 es One-legged timed hop; Salto 3 es One-legged triple op for distance; y Salto 4 es One legged cross-over op for distance.

POST-TEST				
Pierna/Distancia	Salto 1	Salto 2	Salto 3	Salto 4
Derecha 1	118 cm	3'52"	375 cm	300 cm
Derecha 2	119 cm	3'53	377 cm	305 cm
Izquierda 1	70 cm	4'64"	212 cm	115 cm
Izquierda 2	72 cm	4'61"	210 cm	117 cm

Tabla 20. Resultados del post-test. Salto 1 es One-legged single hop for distance; Salto 2 es One-legged timed hop; Salto 3 es One-legged triple op for distance; y Salto 4 es One legged cross-over op for distance.

En los datos reflejados en los test de salto se observan mayores diferencias de mejoras entre el pre-test y el test intermedio. En cuanto al post-test las diferencias son mínimas. Existen cuatro tipos de salto, realizados de manera unilateral, tanto con la pierna derecha como con la izquierda. La gran diferencia se ve en la pierna izquierda, pues en el pre-test, no pudo realizar ningún tipo de salto, debido a que sentía dolor y no poseía la suficiente confianza para saltar con la pierna lesionada. Mientras que en el test-intermedio y el post-test consiguió puntuación en los cuatro tipos de salto, obteniendo mejoras en la distancia y el tiempo. Por otro lado la pierna derecha obtuvo mejoras en los tres test.

4.4. Resultados de “Y” balance test.

La prueba “Y” balance test fue explicada y mostrada al sujeto para que asimilara la realización del test. Primero mediante fotos o videos y después se dejó un tiempo para que practicara con instrucciones guiadas.

El desarrollo de la prueba consiste en realizarlo tres veces seguidas por pierna en el mismo plano, y después con la contraria. Se usaron picas y conos como material del test. Como en todos los test se valoró al principio, en el intermedio y al final de la intervención.



Ilustración 7. “Y” balance test plano anterior con pierna derecha e izquierda.

“Y” BALANCE TEST-PRE-TEST						
	<u>Plano anterior</u>		<u>Plano posteromedial</u>		<u>Plano posterolateral</u>	
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Resultado	51,5 cm	49 cm	71 cm	66 cm	62,5 cm	62 cm
Porcentaje	63,9%	69%	87,6%	85,7%	77,1%	77,9%

Tabla 21. Pre-test. Resultados y porcentaje de distancias en los tres planos del “Y” balance test.



Ilustración 8. “Y” balance test, plano posteromedial con la pierna derecha e izquierda.

“Y” BALANCE TEST-TEST-INTERMEDIO						
	<u>Plano anterior</u>		<u>Plano posteromedial</u>		<u>Plano posterolateral</u>	
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Resultado	56 cm	61,5 cm	73 cm	72 cm	63 cm	68 cm
Porcentaje	69,1%	79,8%	90,1%	93,5%	77,7%	88,3%

Tabla 22. Test-intermedio. Resultados y porcentajes de distancias en los tres planos del “Y” balance test.



Ilustración 9. “Y” balance test, plano posterolateral con la pierna derecha e izquierda.

“Y” BALANCE TEST-POST-TEST						
	<u>Plano anterior</u>		<u>Plano posteromedial</u>		<u>Plano posterolateral</u>	
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
Resultado	56 cm	58,5 cm	74 cm	72 cm	63 cm	66 cm
Porcentaje	69,1%	75%	91,3%	93,5%	77,7%	85,7%

Tabla 23. Post-test. Resultados y porcentajes de distancias en los tres planos del “Y” balance test.

Respecto a los resultados del “Y” Balance test se observa que las distancias entre el pre-test y el test-intermedio son mayores en el test-intermedio. No sólo consiguió mejorar la distancia, también la estabilidad sobre una pierna. En cuanto al post-test los resultados son similares al test-intermedio. La confianza y estabilidad en la rodilla se ven aumentadas en los dos últimos test en comparación con el pre-test, pues se desequilibraba con facilidad. La función de los mecanorreceptores de la rodilla lesionada se han potenciado, logrando mayor activación para la estabilidad sobre una pierna.

4.5. Resultados de Functional Movement Screen.

Son un grupo de siete ejercicios que evalúan los movimientos y patrones básicos corporales. Los ejercicios a evaluar son: sentadilla, paso sobre valla, estocada en línea, movilidad de hombro, elevación activa de la pierna, fondo con estabilidad del tronco y estabilidad rotatoria.

La manera de puntuarlo será en función de las compensaciones durante los movimientos, de 0 a 3. Se le otorga una puntuación de 3 si no realiza ninguna compensación. Si realiza una o más

compensaciones, se le puntúa con un 2. Si no es capaz de ejecutar la acción se le otorga un 1. Y si apareciera dolor o molestias durante la ejecución el valor es de 0.

FUNCIONAL MOVEMENT SCREEN PRE-TEST			
Ejercicio	Derecha	Izquierda	Puntuación
Sentadilla 90°	1		1
Paso de valla	2	2	4
Estocada en línea	2	1	3
Movilidad de hombro	1	1	2
Elevación activa de la pierna	2	2	4
Fondo con estabilidad	1		1
Estabilidad rotatoria	2	1	3
Puntuación final			18

Tabla 24. Pre-test de Funcional Movement Screen (FMS). La sentadilla y el fondo se valoran de forma bilateral otorgando un solo número. Los valores de puntuación son 0 (si apareciera dolor), 1 (no es capaz de realizar la acción), 2 (una o más compensaciones) y 3 (no realiza ninguna compensación).

FUNCIONAL MOVEMENT SCREEN TEST-INTERMEDIO			
Ejercicio	Derecha	Izquierda	Puntuación
Sentadilla 90°	3		3
Paso de valla	2	2	4
Estocada en línea	3	3	6
Movilidad de hombro	2	2	4
Elevación activa de la pierna	2	2	4
Fondo con estabilidad	3		3
Estabilidad rotatoria	2	2	4
Puntuación final			28

Tabla 25. Test intermedio de Funcional Movement Screen (FMS). La sentadilla y el fondo se valoran de forma bilateral otorgando un solo número. Los valores de puntuación son 0(si apareciera dolor), 1(no es capaz de realizar la acción), 2(una o más compensaciones) y 3(no realiza ninguna compensación).

FUNCIONAL MOVEMENT SCREEN POST-TEST			
Ejercicio	Derecha	Izquierda	Puntuación
Sentadilla 90°	3		3
Paso de valla	2	3	5
Estocada en línea	3	3	6
Movilidad de hombro	2	2	4
Elevación activa de la pierna	2	2	4
Fondo con estabilidad	3		3
Estabilidad rotatoria	3	3	6
Puntuación final			31

Tabla 26. Post-test de Funcional Movement Screen (FMS). La sentadilla y el fondo se valoran de forma bilateral otorgando un solo número. Los valores de puntuación son 0(si apareciera dolor), 1(no es capaz de realizar la acción), 2(una o más compensaciones) y 3(no realiza ninguna compensación).

Los datos en las tablas muestran las diferencias de puntuación en cada test obteniendo un total de 31 puntos en comparación con el pre-test que consiguió 18. La puntuación entre el test-intermedio y el post-test no existe gran diferencia, siendo 28 y 31 respectivamente.

5. DISCUSIÓN

Como hemos analizado antes la rodilla y las extremidades inferiores son las más afectas durante la práctica del esquí, donde suelen producirse lesiones ligamentarias (Johnson et al., 2009).

La lesión de este trabajo es la fractura de Schatzker tipo V con arrancamiento de las espinas tibiales, ocasionando consecuencias en los ligamentos cruzados. Generalmente se realizan protocolos y estudios de carácter médico y quirúrgico. Estos protocolos de rehabilitación están estructurados por fases y supervisados mediante un equipo multidisciplinar, lo cual favorece el trabajo de recuperación. En ellos toman importancia los médicos y fisioterapeutas durante las primeras fases, y posteriormente la figura del readaptador físico. Existen pocas publicaciones acerca de rehabilitaciones para el trabajo del readaptador físico (Paredes et al., 2011).

En el caso de este trabajo se realiza una recuperación física profundizando en la figura del readaptador físico. El sujeto completó las primeras fases de la intervención tras lesión, llevadas a cabo por el médico y el fisioterapeuta, pero no lo finalizó por completo lo que la mantuvo un tiempo sin realizar apenas actividad física. Esto ocasionó consecuencias negativas, sobre todo en la rodilla lesionada, lo cual hace necesario un trabajo físico único adaptado para un caso individual.

A la hora de realizar un plan de entrenamiento es necesario que sea individual, y más al tratarse de una lesión, así como incluir la variabilidad en los ejercicios y cambios en la intensidad para originar un nuevo estímulo y provocar las adaptaciones necesarias para que el sujeto pueda progresar.

El sujeto realizó las pruebas a lo largo de toda la intervención para evaluar su condición y nivel físico y así poder establecer un plan de readaptación para su lesión. A continuación se discute cada una de las pruebas.

5.1. Cuestionarios ADLS y SAS

La primera prueba de los cuestionarios ADLS y SAS se realizó antes de comenzar la intervención y después de finalizarla. Respecto al pre-test ADLS, con un 91,4% de funcionalidad, presentaba síntomas después de la operación como inestabilidad, cojera y debilidad, así como molestias al sentarse con la rodilla doblada. En cuanto a los resultados post-test, con un 95,7% de funcionalidad, los síntomas de inestabilidad, cojera y debilidad desaparecen, mientras que aumenta la rigidez en la rodilla al estar mucho tiempo sentada. Las

actividades de arrodillarse con la rodilla lesionada le siguen causando molestias, mientras que sentarse con la rodilla doblada puede realizarlo sin ningún problema. Por lo tanto existen mejoras del 4,3% del pre-test al post-test. Analizando el cuestionario pre-test del SAS, con un 72,7% de funcionalidad, la actividad que es incapaz de realizar es saltar y aterrizar con la pierna lesionada. También presentaba pequeñas limitaciones de movimientos en su rodilla afectada (izquierda) como correr en línea recta, detenerse y arrancar rápido y frenar y pivotar. Además presentaba síntomas de debilidad. En cuanto al post-test el porcentaje de funcionalidad es el mismo 72,7%, pero saltar y aterrizar con la pierna puede hacerlo con ciertas dificultades. Los síntomas de dolor y rigidez aparecen eventualmente. No se observan diferencias en el porcentaje de ambos test pero si en las actividades funcionales como frenar y pivotar las cuales le resultan más complejas, y una gran evolución en la técnica y confianza para saltar y aterrizar con la misma pierna. (Anexo).

En el estudio de Eitzen, Moksness, Snyder y Risberg (2010), dos grupos realizan un entrenamiento de 5 semanas temprano tras una lesión de LCA, para mejorar las capacidades de la rodilla, y muestran que existen mejoras significativas en ambos grupos para el cuestionario ADLS.

En otro estudio de Risberg, Moksnes, Storevold, Holm y Snyder (2009), determinan cambios en la biomecánica del tren inferior de 32 sujetos con lesión del LCA en las acciones de andar y saltar, tras 20 sesiones de un entrenamiento neuromuscular y de fuerza. Entre los test realizados se encuentra el cuestionario ADLS que muestra mejoras significativas entre el pre-test y el post-test.

5.2. Sentadilla

A continuación se analizan los test de fuerza máxima, comenzando en el ejercicio de sentadilla, al inicio su RM era de 48 kg mientras que en los test posteriores fue de 70 kg, obteniendo una mejora del 45,8%. Esta mejora en la RM de sentadilla confirma una ganancia de fuerza y potencia. En cuanto a la velocidad de ejecución en la sentadilla en el test-intermedio, 0,38m/s, con 70 kg, se corresponde con los datos mostrados en el libro de Balsalobre et al., (2014), en donde exponen la relación entre repeticiones posibles, velocidad media propulsiva y % RM en el ejercicio de sentadilla. Según estos autores señalan que la velocidad media propulsiva en un press de sentadilla realizando una repetición posible es de 0,36m/s, muy similar a la velocidad obtenida, siendo 0,38%. Estas mejoras de carga y velocidad de ejecución muestran un aumento en la actividad neuromuscular y fuerza en la musculatura de las extremidades inferiores,

principalmente en la extensión de rodilla, cuádriceps, y extensión de cadera, glúteo mayor, además de otra musculatura implicada en la ejecución de la sentadilla.

5.3. Peso muerto

En cuanto al peso muerto su RM inicial era de 73 kg mientras que en el test-intermedio fue de 50 kg, en este caso no se produce mejora, convirtiéndose en un decremento del -31,5%. Por otro lado si se compara la RM del test intermedio, 50 kg, con el post-test, 54 kg, se produce un incremento de 7,4%. Esta gran diferencia de RM entre el pre-test y los siguientes dos test se debe a que el sujeto no realizo todos los levantamientos a máxima velocidad, ya que se sentía insegura con su rodilla y era la primera vez que realizaba este tipo de prueba. El decremento de los resultados de peso muerto muestra que no existe un aumento en la fuerza de los isquiotibiales entre el pre-test y post-test. Entre otras causas el porcentaje de decremento se debe a que la herramienta utilizada (PUSH band) no tiene validación para el peso muerto además del diferente uso de herramientas de medición entre los test y acompañado de la poca experiencia del sujeto con la técnica de la prueba y ejercicio. Por lo que dichos resultados no serían validos debido a la inexistencia de relación.

Por otro lado si comparamos el test-intermedio y el post-test se produce un incremento del 7,4%, mostrando un aumento en la fuerza de isquiotibiales además del resto de músculos implicados en el ejercicio. También existen mejoras de la velocidad de ejecución y de la carga entre el test-intermedio, 0,25 m/s y el post-test, 0,33 m/s, siendo más elevados en el post test. Estos datos de carga y velocidad de ejecución nos indican que se ha fortalecido y mejorado la fuerza en los flexores de rodilla, isquiotibiales, los además de otra musculatura implicada en el peso muerto, como son los paravertebrales y cuadrado lumbar.

En el estudio de Eitzen et al., (2010), afirman que no existen mejoras significativas en la fuerza muscular en la máquina de isquiotibiales (Biodex 6000; Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY) en los dos grupos comparados. Aunque si existe una mejora del 10,2% en la extremidad lesionada y del 6,6% en la extremidad no lesionada para el torque de los isquiotibiales. Estos resultados no son comparables pues el uso de los aparatos o ejercicios no es igual.

En cuanto a los resultados de Risberg et al., (2009), muestran mejoras significativas en los test de fuerza para isquiotibiales tras las 20 sesiones de entrenamiento. Aunque existan mejoras para

la flexión de rodilla los aparatos utilizados no son los mismos, son máquinas isocinéticas (Cybex 6000).

A pesar de usar diferentes máquinas o ejercicios y distinta manera de medirlo no se muestran aumentos en la fuerza de los isquiotibiales tanto en el presente estudio como en el estudio de Eitzen et al., (2010), aunque si en el estudio de Risberg et al., (2009).

5.4. Prensa de pierna

Comparando los test en la prensa de pierna se contemplan mejoras en la carga tanto en la extremidad izquierda (afectada) como en la extremidad derecha entre el pre-test y el test-intermedio. Estos resultados de mejora no se pueden comparar con el estudio de Eitzen et al., (2010) pues el uso de los aparatos no es el mismo, aun así se demuestran mejoras significativas en la función de la rodilla, y aumento de fuerza muscular y potencia en el cuádriceps, mediante el uso de máquinas isocinéticas (Biodex 6000; Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY), realizando un pre-test y un post-test. Las mejoras en el torque absoluto del cuádriceps suponen entre el 3,9% y 0,2% en el miembro no lesionado y para el miembro lesionado mejoras entre 8,2% y 11 %.

La diferencia de carga entre la pierna izquierda y la derecha se debe al tiempo que mantuvo la rodilla inmóvil, provocando una atrofia muscular y disminución de la fuerza. Se observa un aumento de la carga en el miembro izquierdo de 7 kg entre el pre-test y test-intermedio, con una mejora del 38,8%, al igual que en el miembro derecho que se ve una mejora en la carga de 7 kg. Las mejoras entre el test-intermedio y el post-test no varían. La fuerza en la prensa de pierna se ve aumentada, mejorando principalmente la actividad muscular del cuádriceps, además de otros músculos sinergistas como son los isquiotibiales, glúteos y gemelos.

A pesar de existir porcentajes de mejora entre los dos estudios hace que no sea comparable debido al el empleo de maquinaria de ambos estudios.

5.5. Extensora de rodilla

En cuanto a los resultados en la extensora de rodilla se observan mejoras en la carga tanto en la extremidad izquierda (afectada) como en la extremidad derecha entre el pre-test y el test-

intermedio. Existe un estudio de Eitzen et al., (2010), que demuestran mejoras significativas entre los grupos en la función de la rodilla y aumento de fuerza muscular en el cuádriceps en una maquina isocinética (Biodex 6000; Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY), realizando un pre-test y un post-test. Las mejoras en el trabajo total del cuádriceps suponen un 5,2% en el miembro no lesionado y para el miembro lesionado mejoras del 9,2%.

La diferencia de carga entre la pierna izquierda y la derecha se debe al tiempo que mantuvo la rodilla inmóvil, provocando una atrofia muscular y disminución de la fuerza. En el miembro izquierdo se produce una mejora del 85,1% de la carga de 11,5 kg entre el pre-test y test intermedio. En el miembro derecho se produce una mejora del 55,5% de la carga de 12,5 kg entre el pre-test y test-intermedio. Las mejoras entre el test-intermedio y el post-test no varían. La fuerza en la extensión de rodilla se ve aumentada, mejorando principalmente la actividad muscular del cuádriceps.

El estudio de Risberg et al., (2009) afirma que existen mejoras significativas para la función de extensión de rodilla en el test de fuerza muscular realizado con máquinas isocinéticas (Cybex 6000). Al igual que en el estudio anterior la utilización de los aparatos de testeo no es el mismo, por lo que la comparación entre ambos no es exacta, aunque sí que existen mejoras en la fuerza muscular del cuádriceps.

Los porcentajes de mejora del estudio de Eitzen et al., (2010) y Risberg et al., (2009) no se pueden comparar junto con los obtenidos pues la utilización de maquinaria o aparatos para la medición de la fuerza es diferente al usado en el presente trabajo.

5.6. Saltos

En cuanto a los test de salto, se realizaron cuatro tipos de salto (One-legged single hop for distance, One-legged timed hop, One-legged triple hop for distance, One legged cross-over hop for distance) observando las simetrías entre ambas piernas. Analizando el pre-test, la simetría entre las dos piernas es 0, ya que en ese momento la pierna afectada presentaba síntomas de dolor, poca estabilidad y falta de confianza, lo cual imposibilitaba al sujeto realizar las pruebas. El test-intermedio muestra los siguientes porcentajes de simetría para cada salto, 57%, 75%, 58% y 39% respectivamente. Por último en el post-test los porcentajes de simetría para cada salto son, 59%, 76%, 56% y 38% respectivamente.

A pesar de ser un caso concreto estos datos de mejora pueden ser comparados con un artículo de Eitzen et al., (2010), que realizan los cuatro test de salto observando las diferencias de mejora entre los resultados de cada uno de ellos, muestran mejoras significativas en la función de la rodilla y un incremento en los resultados de los test de salto. Las mejoras significativas se producen en one-legged triple hop for distance y one-legged timed hop entre el pre-test y post-test, mientras que en one-legged single hop for distance y one legged cross-over hop for distance no se encontraron mejoras significativas.

Las diferencias entre test-intermedio y post-test no son significativas, pero si se observa un incremento de porcentaje de simetría en los tres primero saltos, mientras que el último salto disminuye un 1%. Por el contrario, si se compara con el pre-test existen grandes diferencias tanto en los resultados obtenidos y el porcentaje de simetría. Estos porcentajes de simetría indican que la confianza, fuerza y estabilidad con su rodilla aumentaron significativamente en comparación con el primer test.

Por otro lado Risberg et al., (2009) tras las 20 sesiones del programa de rehabilitación confirman la existencia de mejoras significativas para todos los test de saltos, mostrando una mejor funcionalidad en las extremidades lesionadas.

Comparando los estudios mencionado anteriormente con los resultados obtenidos en los test de salto observamos gran relación respecto a las mejoras que se producen, aunque que no es exacta entre ellos, ya que en el presente estudio, el sujeto, obtuvo valores de 0 en la extremidad lesionada durante el primer test, lo que ocasiono grandes mejoras tanto en resultados como porcentaje de simetría en los test posteriores.

5.7. “Y” Balance test

En los resultados del “Y” balance test se muestra una mejora del porcentaje de funcionalidad, para las dos piernas, en los tres planos de la prueba entre el pre-test y el test intermedio. Los incrementos de porcentaje son más elevados en el miembro izquierdo consiguiendo hasta un 10,8% plano anterior, 7,8% plano posteromedial y 7,4% plano posterolateral. Mientras que en la extremidad derecha el aumento de mejora es menor siendo 5,2% plano anterior, 2,5% plano posteromedial y 0,6% plano posterolateral. Se observan diferencias de mejora entre ambas extremidades, aumentando más en la izquierda ya que no estaba activa ni funcional por completo, al contrario que la derecha, reduciendo su nivel.

Durante la intervención se realizó un entrenamiento basado en la fuerza y un entrenamiento neuromuscular basado en la propiocepción. El entrenamiento neuromuscular se realizó en la parte de calentamiento con una duración entre 20 y 25 minutos, al igual que hizo Simpson, Reid, Ellis y White, (2015), realizó una búsqueda científica acerca del entrenamiento neuromuscular en mujeres atletas de 15 a 25 minutos, en algunos se incluyeron carrera, pliometría, propiocepción, ejercicios de fuerza y estiramiento demostrando que disminuye la incidencia de lesión. Demostraron que ayudan a intervenir en la prevención de las lesiones, a pesar de ser un nivel de evidencia moderado, debido a la heterogeneidad entre los artículos. Animam a la mayoría de equipos de todos los deportes a realizarlo para reforzar a los atletas.

Estas mejoras confirman un aumento en la estabilidad de la rodilla, control muscular, resistencia muscular y control postural, sobre una sola pierna, además de disminuir el riesgo de lesión en el miembro inferior. Estos resultados se pueden comparar con un artículo de Myer, Ford y Hewett., (2004), que realizan una gran recopilación de evidencias científicas demostrando la mejora en el rendimiento en mujeres atletas jóvenes mediante el entrenamiento neuromuscular dinámico. Es capaz de reducir las diferencias en la fuerza de absorción, estabilización de la articulación, desequilibrios musculares, además de mejoras en la fuerza estructural en los tejidos como huesos, ligamentos y tendones.

5.8. FMS

Al analizar los resultados obtenidos en la prueba de los movimientos funcionales observamos que la puntuación obtenida en el pre-test, 18, es más baja en comparación con el test-intermedio, 28, y el post-test, 31. Entre el test-intermedio y el post-test, las diferencias no son muy grandes, pero se produce una mejora en la estabilidad rotatoria. En cuanto al pre-test y test-intermedio se produce un gran efecto de mejora con 10 puntos de diferencia. En cuanto a los movimientos o ejercicios que se realizan en el de test de FMS se observa una mejora de la ejecución en la sentadilla 90°, ya que al comienzo el sujeto era incapaz de realizarla por dolor, falta de fuerza y de técnica. Los movimientos de paso sobre valla, estocada en línea y estabilidad rotatoria muestran una mejora en la estabilidad y confianza de la extremidades inferiores y del core. En los fondos con estabilidad consigue un gran avance pues al comienzo no era capaz de situarse en la posición de inicio. Analizando la elevación activa de la pierna y la movilidad de hombro no se observan grandes mejoras pues es un movimiento que depende mucho de la flexibilidad y rango articular de cada individuo. Estas mejoras de movimiento aumentan su estabilidad

central, capacidad coordinativa, fuerza estructural y fuerza neuromuscular, añadiendo más funcionalidad en sus actividades.

En el protocolo de readaptación propuesto se combinan componentes como la fuerza, el equilibrio, core, resistencia... logrando una mayor funcionalidad para las actividades de la vía diaria o actividades deportivas. Comparándolo con el estudio de Myer et al., (2004) concluyen en su estudio que si se combina el entrenamiento neuromuscular con otros elementos como la pliometría, la fuerza, la velocidad o la estabilidad del núcleo central (core) aumenta el rendimiento de la atleta además de producir efectos sinérgicos en el entrenamiento neuromuscular.

6. CONCLUSIONES

Tras la lesión de la rodilla el sujeto perdió el control de las cualidades básicas de su rodilla. Después de analizar los datos finales de cada prueba para intentar mejorar los déficits o pérdidas de la lesión de rodilla, fractura tipo V de Schatzker, se pueden visualizar las siguientes conclusiones:

- En el proceso de intervención para el protocolo de readaptación funcional se lograron mejoras en el nivel de fuerza y de propiocepción de las extremidades inferiores.
- El dolor de la rodilla izquierda fue progresando a lo largo de la intervención, de manera que disminuyó hasta desaparecer gracias a los medicamentos y técnicas del trabajo conjunto entre médico y el fisioterapeuta, conforme a los resultados mostrados en los cuestionarios ADLS y SAS.
- El sujeto consigue mejorar la amplitud de movimiento y eliminar la cojera gracias a las técnicas de liberación y estiramiento entre el fisioterapeuta y el readaptador físico, que fueron ocasionadas por la operación, además de disminuir la falta de extensión de rodilla de 15° a 0°.
- La fuerza en las extremidades inferiores aumento más en el miembro izquierdo, al presentar atrofia muscular, aunque también se incrementó en el miembro derecho, como se demuestra en las pruebas de sentadilla, prensa de pierna y extensión de rodilla, potenciando la musculatura implicada tanto a nivel estructural, debido a la hipertrofia conseguida, como a nivel neuronal. Mejoro la estimación de la RM, así como su velocidad de ejecución.

- Los resultados en la fuerza del peso muerto presentan irregularidades (entre los dos primeros test) por lo que no se puede concluir con certeza que existan cambios de mejoras. Por otro lado sí se observaron mejoras en la estimación de RM y la velocidad de ejecución en el peso muerto entre los dos últimos test (test-intermedio post-test).
- Se puede afirmar que existen mejoras en la confianza y equilibrio gracias al entrenamiento neuromuscular y propioceptivo aplicado al plan de readaptación. Tras el protocolo el sujeto tiene la confianza y capacidad suficiente para realizar saltos conforme a los resultados mostrados en el “Y” balance test, FMS y los test de saltos.

7. LIMITACIONES Y FUTURAS LINEAS DE TRABAJO

Para la realización del protocolo de readaptación funcional de rodilla se han encontrado ciertas limitaciones:

- La disponibilidad del sujeto para realizar las pruebas y los entrenamientos no era consecuente ni regular pues dependía de su vida personal, laboral y universitaria. Debido a esta situación, el sujeto se marchó de vacaciones, la intervención en el entrenamiento de fuerza fue modificada el último mes, estructurado en un mesociclo de mantenimiento, en el cual no se introdujo carga externa para los ejercicios.
- El entrenamiento de fuerza se planificó para que el sujeto llegara a cargas del 80% de su RM, pero debido a las circunstancias solo se llegó hasta el 60% de su RM. Aunque se obtuvieron mejoras en la fuerza, los incrementos en el nivel de fuerza podrían haber sido más grandes.
- El dolor y la inexperiencia del sujeto en entrenamiento de fuerza contribuye a que los resultados no salgan según lo esperado, limitando la ejecución de las pruebas.
- El uso de las herramientas de medición para la estimación de la RM fueron diferentes por las circunstancias del momento. Al no disponer de un dispositivo de medición propio fue necesario la ayuda de la universidad, mi tutora y mis compañeros para llevar a cabo las pruebas.
- A pesar de existir un leve trabajo multidisciplinar entre médico, fisioterapeuta y readaptador físico el sujeto de estudio ha vuelto a conseguir e incluso mejorar las cualidades perdidas tras la lesión. Es por ello que apoyo la formación del equipo

multidisciplinar para lograr mayores resultados y mejoras para que los sujetos lesionados puedan volver a realizar sus respectivas actividades deportivas

En consecución a los datos mostrados anteriormente donde la mayoría de publicaciones científicas son de carácter médico y/o fisioterapéutico, sería de gran interés realizar o enfocar los estudios o trabajos de investigación en la figura del preparador o del readaptador físico para contemplar una mayor veracidad y validación de los métodos, ejercicios, herramientas de medición... en las planificaciones o intervenciones de cualquier ámbito deportivo tras una lesión.

En cuanto a la población del estudio es pequeña siendo únicamente un sujeto. Para mayor rigor y certeza recomendaría ampliar los sujetos de estudio y así comprobar cómo afecta la intervención a un grupo de sujetos y no solo uno.

El uso de nuevas herramientas de medición para controlar la velocidad de ejecución aún no está muy desarrollado, por lo que sería de gran interés probar esos aparatos con ejercicios dentro de un plan de entrenamiento. Algunos de estos instrumentos son la PUSH band y el Beast Sensor. De esta manera las sesiones de entrenamiento se podrían controlar mediante la velocidad de ejecución y no solo observando la carga. Es y puede ser un trabajo curioso y satisfactorio comprobar su funcionamiento y efectividad en el mundo del rendimiento deportivo a todos los niveles.

Animo a que se realicen estudios con más muestra en la población de estudio dentro de la figura de preparador físico tras sufrir una lesión deportiva para una posterior readaptación funcional. Con el objetivo de reconducir a los sujetos en su carrera deportiva al nivel anterior a la lesión, o a un nivel más elevado, usando los medios, pruebas e instrumentos mostrados en el protocolo para establecer con más confianza su fiabilidad y efectividad.

8. REFERENCIAS.

1. Alanis, L. M., Zamora, P. y Cruz, A. (2012). Ruptura de Ligamento Cruzado Anterior en mujeres deportistas. Trabajo de investigación. In *Anales Médicos*. 57 (2), 93-97.
2. Alconchel, B. R. (2008). *La transferencia del patinaje en línea al aprendizaje del esquí alpino en la educación física escolar*. Tesis doctoral, Editorial de la Universidad de Granada.
3. Alvarez, A., Garcia, Y., Gutierrez, M. y Montanez, D. R. (2010). Clasificación de schatzker en la fracturas de la meseta tibial. *Revista Archivo Médico de Camaguey*, 14(6), 1-11.
4. Álvarez, J. R., Silvarrey, F. J. L., Martínez, J. S., Melen, H. M., y Arce, J. C. L. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, (29), 4.
5. Andrews, M., Baber, S. D., y Noyes, F. R. (1997). A rigorous comparison between the sexes of results and complications after anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal Sports Medicine*, 25(4), 514-526.
6. Balsalobre, C., Kuzdub, M., Poveda, P., y del Campo, J. (2016). Validity and reliability of the push wereable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1968-1974
7. Balsalobre, C., y Jimenez, P. (2014). Entrenamiento de la fuerza nuevas perspectivas metodológicas.
8. Beast Technologies S.r.l. (2016). Beast. Brescia, Italy. Beast Technologies. Recuperado de <https://www.thisisbeast.com>
9. Boeckh, W. U., y Buskies, W. (2004). Entrenamiento de la fuerza.
10. Bonilla, R. (2008). Lesión del ligamento cruzado anterior en el esquí y su tratamiento de fisioterapia.
11. Bonilla, R. (2008). Lesión del ligamento cruzado anterior en el esquí y su tratamiento de fisioterapia.
12. Ciro O. J. A., Rodríguez Clavijo, M. P., Arango, E., Giraldo P. S., y Ching G. I. C. (2007). Lesiones deportivas. *Iatreia*, 20(2), 167-177.

13. Coburn, J. W., y Malek M. H. (2016). Manual NSCA (National Strength and Conditioning Association), fundamentos del entrenamiento personal. Barcelona, España. Paidotribo.
14. Drake, R. L., Vogl, W., y Mitchell, A. W. (2010). *Gray Anatomía para estudiantes*. Madrid. España: Elsevier.
15. Eitzen, I., Moksnes, H., Snyder, L., y Risberg, M. A. (2010). A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvements in knee function early after anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 40(11), 705-721.
16. Ekeland, A. Sulheim, S. y Rodven, A. (2005). Injury rates and injury types in alpine skiing, telemarking and snowboarding. *J ASTM Int.* 15; 31-39.
17. Esper, A., y Paus, V. (1998). El entrenamiento de fuerza en la rehabilitación del ligamento cruzado anterior.
18. Fleck, S. J., y Kraemer, W. (2014). *Designing Resistance Training Programs*, 4E. Human Kinetics.
19. Frontera, W. R., y Knuttgen, H. G. (2003). Exercise and musculoskeletal rehabilitation: restoring optimal form and function. *The physician and sportsmedicine*, 31(12), 39-45.
20. Garcia, P. R. (2007). Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. *Revista de la Facultad de educación, Universidad Murcia*, 2-10.
21. Gastaldi O. E. (2011). Rodilla y deporte: Lesiones deportivas en las rodillas.
22. Gerber, J. P., Marcus, R. L., Dibble, L. E., Greis, P. E., Burks, R. T., y Lastayo, P. C. (2007). Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of orthopaedic y sports physical therapy*, 37(1), 10-18.
23. Gómez, P.J. (1996). Esquí Alpino de competición (I). *Revista motricidad*, (2). 211-229.
24. Goulet, C., Regnier, G; Valois, G. y Vulleneuve, P. (1999). Risk factor associated with alpine skiing injuries in children. A case control study. *American Journal of Sports Medicine*, 27, (7), 644-657.
25. Griffis N.D., Vequist S.W., Yearcut K.M., Decker K.A., (1999). Lesiones deportivas específicas de la rodilla. *Prácticas clínicas sobre asistencia y prevención de lesiones deportivas*. Barcelona: Paidotribo.
26. Hernandez, P. E. (2007). *Flexibilidad: evidencia científica y metodología del entrenamiento*. Publice Standard.

27. Herrero, J.A; García, D. y Martínez, F.J (2003). Análisis y propuesta de los factores de rendimiento en el entrenamiento en seco del esquí alpino. nº 5, artículo 23. Recuperado de www.rendimientodeportivo.com
28. Huidobro. G. Tech (1966). Consideraciones médico-deportivas sobre el esquí. Ap.Medicina Deportiva. 6, (24).
29. Huston, L. J., Greenfield, M. L. V. y Wojtys, E. M. (2000). Anterior cruciate ligament injuries in the female athletes. *Clinical orthopaedics and related research*, 372, 50-63.
30. Irrgang, J. J., Snyder-Mackler, L., Wainner, R. S., Fu, H., y Harner, C. D. (1998). Development of a patient-reported measure of function of the knee. *J Bone Joint Surg Am*, 80(8), 132-45.
31. Izquierdo, A. C., Rivera, M. D. G. y Novoa, C. L. (2010). Situación profesional del readaptador físico-deportivo en la Comunidad Valenciana. RICYDE. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 6(21), 254-268.
32. Jarvinen M, Natri A, Laurila S, Kannus P. (1994). Mechanisms of anterior cruciate ligament ruptures in skiing. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*. ; 2(4): 224-8
33. Johnson RJ. (1999). Lesiones en el esquí alpino. Prácticas clínicas sobre asistencia y prevención de lesiones deportivas. Barcelona, España: Paidotribo.
34. Johnson, B. Ettlinger, C. Shealy, JE. (2009). Update of injury trends in alpine skiing. *J ATSM Int*. 17; 11-22.
35. Kai-Nan. (2002). Muscle force and its role in joint dynamic stability. *Clin Orthop Relat Res*, 403, 37-42.
36. La Rosa, P. D., y Gayte, E. E. (2003). Bases fisiológicas del entrenamiento de fuerza con niños y adolescentes. *Revista internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, (9), 5.
37. Loudon, J. K., Jenkins, W., y Loudon, K. L. (1996). The relationship between static posture and ACL injury un female athletes. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 24(2), 91-97.
38. Mackenzie, M y Denlinger, k. (1993). Skiing: The mind game. A Dell Trade Paperback. Publishing, New York, United States Of America.
39. Majima, T., Yasuda, K., Tago, H., Tanabe, Y., y Minami, A. (2002). Rehabilitation after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical orthopedics and related research*, 397, 370-380.

40. McLean , S. G., Neal, R. J., Myers, P. T., y Walter, M. R. (1999). Knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver: potencial for injury. *Medicine and science in sports and exercise*, 195(9131-9199) 3107-0959.
41. Menetrey, J., Duthon, V. B., Laumonier, T. y Fritschy, D. (2008). “Biological failure” of the anterior cruciate ligament graft. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 16(3), 224-231.
42. Mestre, S. (2003). Esquí. La Historia. *Revista Snow4free*. Enero, 21-24.
43. Moore KW., Frank CB. (1999). Lesiones traumáticas de la rodilla. Prácticas clínicas sobre asistencia y prevención de lesiones deportivas. Barcelona: Paidotribo.
44. Muneta, T., Takakuda, K., y Yamamoto, H. (1997). Intercondilar notch width and its relation to the configuration and cross-sectional area of the anterior cruciate ligament a cadaveric knee study. *The American Journal of Sports Medicine*, 25(1). 69-72.
45. Muñoz, P. D., y Espí, L. G. V. (2014). Proceso de recuperación funcional tras lesión del ligamento cruzado anterior. Revisión bibliográfica. *Fisioterapia y divulgación*, 2(3), 3-12.
46. Myer, G. D., Ford, K. R., y Hewett, T. E. (2004). Methodological approaches and rationale for training to prevent anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14(5), 275-285.
47. Naclerio, F., y Fernandez, D. F. (2011). Entrenamiento de la fuerza y su relación con la prevención de las lesiones en el deporte.
48. Noyes, F. R., Barber, S. D., y Mangine, R. E. (1991). Abnormal lower limb symmetry determined by function hop test after anterior cruciate ligament rupture. *The American journal of sport medicine*, 19(5), 513-518.
49. Nunley, R. M., Wright, D., Renner, J. B., Yu, B. y Garrett Jr, W. E. (2003). Gender comparison of patellar tendon tibial shaft angle with weight bearing. *Research in Sport Medicine*, 11(3), 173-185.
50. Panesso, M. C., Trillos, M. C. y Guzmán, I. T. (2008). *Biomecánica clínica de la rodilla*. Documento de investigación. Facultad de rehabilitación y desarrollo humano. Universidad del Rosario. Colombia.
51. Paredes H. V., Martos V. S., y Romero M. B. (2011). Propuesta de readaptación para la rotura del ligamento cruzado anterior en fútbol. *Revista internacional de medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 43

52. Parron, P., Barriga, A., Herrera, J. A., Pajares, S., Gomez Mendieta, R., y Poveda , E. (2006). Inmovilización frente a tratamiento funcional en esguinces de tobillo grado III. *Medicina del Deporte*, 23(111), 10-16.
53. Plisky, P. J., Rauh. M. J., Kaminski, T. W., y Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of a lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic y Sports Physical therapy*, 36(12), 911-919.
54. Ramos, J. J., López, F. J., Segovia, J. C., Martínez, H. y Legido, J. C. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión de ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 8(29), 62-92.
55. Real Federación De Deportes de Invierno. Esquí Alpino. Historia. Recuperado de <http://rfedi.es/esqui-alpino/>
56. Risberg, M. A., Moksnes, H., Storevold, A., Holm, I., and Snyder-Mackler, L. (2009). Rehabilitation after anterior cruciate ligament injury influences joint loading during walking but not hopping. *British Journal of Sports Medicine*, 43(6), 423-428.
57. Risberg, M. A., Mork, M., Jenssen, H. K. and Holm, I., (2001). Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 31(11), 620-631.
58. Sanchis, V., Pastor Saura, G., García Sánchez, D., Segrera Rovira, M. J., y Roca Serratos, A. (1993). Fundamentos científicos de la rehabilitación tras la sustitución intraarticular del ligamento cruzado anterior.
59. Shelbourne, K. D., y Nitz, P. (1990). Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *AM J Sports Med*, 18(3), 292-299.
60. Simpson, O., Reid, D., Ellis, R., y White, S. (2015). The effectiveness of preventative neuromuscular training on anterior cruciate ligament injury rates in females athletes: A systematic review. *New Zealand Journal of Sports Medicine*, 42(2).
61. Tandogan, R. N., Mann, G., y Verdonk, R. (2011). Sports injuries: prevention, diagnosis, treatment and rehabilitation. M. N. Doral (Ed.). Springer Science y Bussines Media.
62. Tejada F. L. (2001). *Kinesthetic awareness*. Recuperado de www.breakingtroughonskis.com.

63. Tellatin, E; Boldrini, L. y Roi, G (2005). Accelerated rehabilitation after ACL reconstruction in profesional alpine skiers. Muller, E. el al.(eds. , Science and skiing III, Meyer and Meyer Sport, UK, 238-246.
64. Teyhen, D. S., Shaffer, S. W., Lorensen, C. L., Halfpap, J. P., Donofry, D. F., Walker, M. J., Dugan, J. L. y Childs, J. D. (2012). The functional movement screen: a reliability study. *Journal of Orthopaedic y sports physical therapy*, 42(6), 530-540.
65. Torres, L. U., Torrent, P. G. (2009). Abordaje del Ligamento Cruzado Anterior. *Canarias Medica Quirujica*. 32-5.
66. Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona. Editorial Ergo.
67. Yu, B., Kirkendall, D., y Garrett Jr, W. E. (2002). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: anatomy, physiology, and motor control. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 10(1), 56-68.

9. ANEXO

PROTOCOLO DE READAPTACIÓN FUNCIONAL DE LESIÓN DE RODILLA: FRACTURA TIPO V SCHAZTKER																			
MES		Mayo					Junio					Julio				Agosto			
DÍA DE EMPIEZE		2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29
FASE DE ENTRENAMIENTO							1					2				3			
MICROCICLO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TIPO MICROCILO																			
CUALIDADES DE ENTRENAMIENTO	FUERZA	ISOMÉTRICO																	
		CONCÉNTRICO SIN CARGA																	
		CONCÉNTRICO CON CARGA																	
		EXCÉNTRICO																	
	PROPIOCEPCIÓN	PROPIOCEPCIÓN NIVEL 1																	
		PROPIOCEPCIÓN NIVEL 2																	
	TRABAJO COMPLEMENTARIO	CORE																	
		ESTIRAMIENTOS																	
	INTENSIDAD RM	70-80% (3-6)																	
		60-70% (6-8)																	
50-60% (8-10)																			
25-50% (12-15)																			
CARGA CORPORAL																			

Anexo1. Tabla de periodización para el protocolo de readaptación funcional.

Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (ADLS).						
¿En que medida cada uno de los síntomas afectan a su nivel de actividad?						
	No tengo el síntoma.	Tengo el síntoma pero no afecta a mi actividad	El síntoma afecta mi actividad ligeramente	El síntoma afecta a mi actividad moderadamente	El síntoma afecta a mi actividad severamente	El síntoma me impide toda actividad diaria
Dolor	x					
Rigidez	x					
Hinchazón	x					
Inestabilidad de rodilla		x				
Debilidad			x			
Cojear			x			

Anexo 2. Tabla de resultados del cuestionario ADLS pre-test.

Functional Limitations With Activities of Daily Living						
¿Cómo afecta la rodilla su capacidad para...						
	La actividad no es difícil	La actividad es minimamente difícil	La actividad es algo difícil	La actividad es bastante difícil	La actividad es muy difícil	Soy incapaz de hacer la actividad
Andar	x					
Subir las escaleras	x					
Bajar las escaleras	x					
Mantenerse de pie	x					
Arrodillarse en frente de la rodilla	x					
Sentadilla	x					
Sentarse con la rodilla doblada		x				
Levantarse de una silla	x					

Anexo 3. Tabla de resultados del cuestionario ADLS pre-test.

Knee Outcome Survey Sports Activities Scale (SAS).						
¿En que medida cada uno de los siguientes síntomas afectan a su nivel de actividad?						
	Nunca lo he tenido	Tenerlo, pero no afecta a mi actividad deportiva	Afecta a la actividad deportiva ligeramente	Afecta a la actividad deportiva moderada	Afecta gravemente la actividad deportiva	Me impide toda actividad deportiva
Dolor	x					
Moler o rallar	x					
Rigidez	x					
Hinchazón	x					
Deslizamiento de rodilla	x					
Inestabilidad de rodilla	x					
Debilidad				x		

Anexo 4. Tabla de resultados del cuestionario SAS pre-test.

Functional Limitations With Sports Activities						
¿Cómo afecta la rodilla su capacidad para...						
	No es difícil en absoluto	Mínimamente difíciles	Algo difícil	Bastante difícil	Muy difícil	Incapaz de hacer
Correr en línea recta			x			
Salto y aterrizar en su pierna afectada						x
Detener e iniciar rápidamente				x		
Corte y el pivote en su pierna afectada			x			

Anexo 5. Tabla de resultados del cuestionario SAS pre-test.

Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (ADLS).						
¿En que medida cada uno de los síntomas afectan a su nivel de actividad?						
	No tengo el síntoma.	Tengo el síntoma pero no afecta a mi actividad	El síntoma afecta mi actividad ligeramente	El síntoma afecta a mi actividad moderadamente	El síntoma afecta mi actividad severamente	El síntoma me impide toda actividad diaria
Dolor	X					
Rigidez		X (me pasa cuando estoy mucho tiempo sentada)				
Hinchazón	X					
Inestabilidad de rodilla		X (A VECES ME PASA)				
Debilidad	X					
Cojear	X					

Anexo 6. Tabla de resultados del cuestionario ADLS post-test.

	Functional Limitations With Activities of Daily Living					
	¿Cómo afecta la rodilla su capacidad para...					
	La actividad no es difícil	La actividad es minimamente difícil	La actividad es algo difícil	La actividad es bastante difícil	La actividad es muy difícil	Soy incapaz de hacer la actividad
Andar	X					
Subir las escaleras	X					
Bajar las escaleras	X					
Mantenerse de pie	X					
Arrodillarse en frente de la rodilla		X				
Sentadilla	X					
Sentarse con la rodilla doblada	X					
Levantarse de una silla	X					

Anexo 7. Tabla de resultados del cuestionario ADLS post-test.

	Knee Outcome Survey Sports Activities Scale (SAS).					
	¿En que medida cada uno de los siguientes síntomas afectan a su nivel de actividad?					
	Nunca lo he tenido	Tenerlo, pero no afecta a mi actividad deportiva	Afecta a la actividad deportiva ligeramente	Afecta a la actividad deportiva moderada	Afecta gravemente la actividad deportiva	Me impide toda actividad deportiva
Dolor		X(DE VEZ EN CUANDO)				
Moer o rallar	X					
Rigidez		X				
Hinchazón	X					
Deslizamiento de rodilla	X					
Inestabilidad de rodilla	X					
Debilidad	X					

Anexo 8. Tabla de resultados del cuestionario SAS post-test.

	Functional Limitations With Sports Activities					
	¿Cómo afecta la rodilla su capacidad para...					
	No es difícil en absoluto	Mínimamente difíciles	Algo difícil	Bastante difícil	Muy difícil	Incapaz de hacer
Correr en línea recta			X			
Salto y aterrizar en su pierna afectada					X	
Detener e iniciar rápidamente				X		
Corte y el pivote en su pierna afectada				X		

Anexo 9. Tabla de resultados del cuestionario SAS post-test.

