

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

**“BENEFICIOS DEL TRATAMIENTO CON EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA  
CERRADA Y DE ULTRASONIDO TERAPÉUTICO EN FUTBOLISTAS”**

**Estudio descriptivo realizado en futbolistas de alto rendimiento  
con lesiones deportivas que integran el Club Social y Deportivo Municipal**

**mayo-junio 2015**

Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Jhonny Daniel Rodríguez Zúñiga**

**Médico y Cirujano**

Guatemala, agosto de 2015

El infrascrito Decano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala hace constar que:

El estudiante:

Jhonny Daniel Rodríguez Zúñiga 200910591

ha cumplido con los requisitos solicitados por esta Facultad previo a optar al Título de Médico y Cirujano en el grado de Licenciatura, y habiendo presentado el trabajo de graduación titulado:

"BENEFICIOS DEL TRATAMIENTO CON EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA Y DE ULTRASONIDO TERAPÉUTICO EN FUTBOLISTAS"

Estudio descriptivo realizado en futbolistas de alto rendimiento con lesiones deportivas que integran el Club Social y Deportivo Municipal

mayo-junio 2015

Trabajo asesorado por el Dr. Héctor Estuardo López Morales y revisado por la Dra. Lucía Eleonora Terrón Gómez, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

ORDEN DE IMPRESIÓN

En la Ciudad de Guatemala, a los cinco días de agosto del dos mil quince.

  
DR. MARIO HERRERA CASTELLANOS  
DECANO EN FUNCIONES



El infrascrito Coordinador de la Coordinación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hace constar que el estudiante:

Jhonny Daniel Rodríguez Zúñiga 200910591

Presentó el trabajo de graduación titulado:

“BENEFICIOS DEL TRATAMIENTO CON EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA Y DE ULTRASONIDO TERAPÉUTICO EN FUTBOLISTAS”

Estudio descriptivo realizado en futbolistas de alto rendimiento con lesiones deportivas que integran el Club Social y Deportivo Municipal

mayo-junio 2015

El cual ha sido revisado por la Dra. Aída Guadalupe Barrera Pérez y, al establecer que cumple con los requisitos exigidos por esta Coordinación, se les autoriza continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala el cuatro de agosto del dos mil quince.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Dr. César Oswaldo García García  
Coordinador

Guatemala, 5 de agosto del 2015

Doctor  
César Oswaldo García García  
Coordinación de Trabajos de Graduación  
Facultad de Ciencias Médicas  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Dr. García:

Le informamos que el estudiante abajo firmante:

Jhonny Daniel Rodríguez Zúñiga



Presentó el informe final del Trabajo de Graduación titulado:

“BENEFICIOS DEL TRATAMIENTO CON EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA  
CERRADA Y DE ULTRASONIDO TERAPÉUTICO EN FUTBOLISTAS”

Estudio descriptivo realizado en futbolistas de alto rendimiento  
con lesiones deportivas que integran el Club Social y Deportivo Municipal

mayo-junio 2015

Del cual como asesor y revisora nos responsabilizamos por la metodología,  
confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de  
la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.



Dr. Héctor Estuardo López M.  
Médico y Cirujano  
Traumatólogo Ortopedista  
Colegiado No. 14.239

Asesor  
Dr. Héctor Estuardo López Morales  
Firma y sello



Revisora  
Dra. Lucía Eleonora Terrón Gómez  
Firma y sello

**DRA. LUCÍA TERRÓN GÓMEZ**  
MÉDICO Y CIRUJANO  
COLEGIADO No. 11.183

***De la responsabilidad del trabajo de graduación:***

El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y para la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad, de la Universidad y otras instancias competentes.

## DEDICATORIA

**A Dios.** Por ser mi fuente de luz y de esperanza, por ser mí camino ante toda adversidad.

**A mis padres.** Isaías Rodríguez Argueta y Célida Esperanza Zúñiga, por guiarme en cada uno de mis pasos, tanto como con caprichos como con regaños, siempre estaré muy agradecido.

**A mis hermanos.** Marleny, Edy y Célida.

**A mis tíos.** Tía Shený, tía Mary, tío Roberto, Cesar, Rony, Reina, por siempre regalarme una muestra de cariño.

**A mis primos.** Ruby, Evelyn, Juan Carlos, Rosvin, Eslin, Karina, Cesar, Marlon y especialmente a Eunice, que desde el cielo escucha mis palabras.

**A mis amigos de la colonia.** Byron y Diana Ruiz, Edwin Cortez, Roberto, Cindy y Melissa Jiménez, Héctor López, Alejandro Gramajo, por ser más que mis amigos, mis hermanos y por siempre compartir conmigo tantas tonterías pero sobre todo muchas alegrías.

**A mis amigos de la U y del colegio.** Mario Castellanos, Rocío Rodríguez, Franchesca Filippi, Manuel Ramos, Allan Pérez, Blanca Mazariegos, Michelle Girón, Leonel Guerra, Mariel Cruz, Rosa Arango, David Anderson, por brindarme su cariño, cuidarme y por ser para mí un brazo de consuelo en momentos de angustia. Ustedes también son mi familia.

**Al Club Social y Deportivo Municipal.** Por haberme concedido todo su apoyo y por haberme dejado formar parte de esta gran familia.

Y por último, a la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos, a sus docentes, médicos especialistas y residentes que siempre me brindaron una mano amiga y tuvieron conmigo la vocación de enseñarme un poco más de la vida, por siempre muy agradecido y que Dios los bendiga.

## RESUMEN

**OBJETIVOS:** Describir los beneficios que se obtienen del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico en atletas de alto rendimiento evaluados durante mayo y junio de 2015. **POBLACIÓN Y MÉTODOS:** Estudio descriptivo transversal, realizado en una muestra por conveniencia de 40 futbolistas del Club Social y Deportivo Municipal. Se evaluaron los resultados de tres test de aptitud física: test de sentadilla, test de burpee y test de flexibilidad general, en futbolistas tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico, después de lesión deportiva. **RESULTADOS:** El 35% de los futbolistas refirió lesión en el miembro inferior, principalmente en la rodilla. Con respecto a la fuerza del miembro inferior, 30% de futbolistas que recibió ejercicios de cadena cinética cerrada presentó valores ideales del 30-60% del 1RM versus un 45% de los que recibieron ultrasonido terapéutico. Ninguno de los futbolistas tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada o ultrasonido terapéutico obtuvo el beneficio de ser clasificado en las categorías: bueno, excelente o de élite en resistencia física. En cuanto a la flexibilidad del miembro inferior, no hubo diferencia en el beneficio del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico (65% de ambos en categoría excelente). **CONCLUSIONES:** La localización anatómica con mayor afectación por lesiones del miembro inferior es la rodilla. El tratamiento con ultrasonido terapéutico da mayores beneficios que el tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada en cuanto a la fuerza muscular en el miembro inferior. No hubo beneficios para mejorar la resistencia física con ninguno de los dos tratamientos. Los beneficios para mejorar la flexibilidad del miembro inferior fueron iguales después del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico.

**Palabras clave:** ejercicio, fuerza muscular, flexibilidad, terapia ultrasónica

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	5
2.1. General .....	4
2.2. Específicos .....	4
3. MARCO TEÓRICO .....	7
3.1. Generalidades .....	7
3.1.1. Fútbol .....	7
3.1.2. Futbolista de alto rendimiento .....	7
3.1.3. Lesiones más comunes en el fútbol y tratamiento de rehabilitación .....	7
3.1.3.1. Esguinces de tobillo .....	8
3.1.3.2. Síndromes de atrapamiento del tobillo .....	9
3.1.3.3. Esguince medial .....	9
3.1.3.4. Lesión de ligamento cruzado anterior .....	10
3.1.3.5. Lesión de menisco .....	11
3.2. Visión general del miembro inferior .....	11
3.2.1. Fuerzas a que puede ser sometido un hueso .....	14
3.2.1.1. Fuerzas de compresión .....	14
3.2.1.2. Fuerzas de tracción .....	15
3.2.1.3. Fuerzas de cizallamiento .....	15
3.2.1.4. Fuerzas de flexión .....	15
3.2.1.5. Fuerzas de torsión .....	15
3.2.2. Tratamientos físicos activos .....	16
3.2.2.1. Ejercicios de fortalecimiento .....	16
3.2.2.2. Ejercicios isométricos .....	16
3.2.2.3. Ejercicios isotónicos .....	16
3.2.2.4. Entrenamiento de la fuerza biocinética .....	17
3.2.3. Flexibilidad .....	17
3.2.4. Resistencia .....	18
3.2.5. Vuelta a la práctica deportiva .....	18
3.3. Test para evaluar el miembro inferior .....	20
3.3.1. Test de sentadilla .....	20
3.3.2. Test de burpee .....	21
3.3.3. Test de flexibilidad general .....	22
3.4. Ejercicio de cadena cinética cerrada .....	24
3.4.1. Concepto de cadena cinética .....	24
3.4.2. Biomecánica del ejercicio de cadena cinética cerrada en la extremidad	

Inferior .....	25
3.4.3.Aspectos funcionales del ejercicio de cadena cinética cerrada.....	28
3.4.4.Uso del ejercicio de cadena cinética cerrada en la rehabilitación de las Lesiones de la extremidad inferior .....	29
3.4.5.Ejercicios específicos de cadena cinética cerrada para la extremidad Inferior .....	30
a) Mini-squat.....	30
b) Prensa de pierna.....	31
c) Subir peldaños .....	32
d) Step-ups laterales .....	33
e) Estiramientos terminales de la rodilla utilizando bandas elásticas .....	34
f) Bicicleta estática .....	34
3.5 Ultrasonido terapéutico .....	35
3.5.1 Mecanismo de acción.....	35
a) Acción térmica.....	35
b) Acción mecánica .....	36
c) Acción química .....	36
3.5.2 Efectos fisiológicos .....	36
3.5.3 Indicaciones médicas .....	36
3.5.4 Contraindicaciones .....	37
4. POBLACIÓN Y MÉTODOS .....	39
4.1. Tipo y diseño de la investigación .....	39
4.2. Unidad de estudio .....	39
4.3. Población y muestra.....	39
4.4. Selección de los sujetos a estudio.....	39
4.5. Medición de variables .....	41
4.6. Técnicas, procesos e instrumentos a utilizar en la recolección de datos.....	43
4.7. Procesamiento y análisis de datos .....	44
4.8. Hipótesis .....	45
4.9. Límites de la investigación.....	45
4.9.1. Obstáculos .....	45
4.9.2. Alcances.....	45
4.10 Aspectos éticos de la investigación .....	46
5. RESULTADOS .....	47
6. DISCUSIÓN.....	51
7. CONCLUSIONES.....	55
8. RECOMENDACIONES .....	57
8.1 Al Club Social y Deportivo Municipal .....	57

8.2 A la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala .....	57
9. APORTES .....	59
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
11. ANEXOS .....	67

## 1. INTRODUCCIÓN

La lesión deportiva adquiere relevancia no solo por su influencia directa sobre el rendimiento sino por las consecuencias personales y sociales que rodean a ésta, entre las que se encuentra: cambios del entorno deportivo, Interrupción o limitación de las actividades extradeportivas habituales como la asistencia al trabajo o al centro de estudios y en general, cambios en la vida personal y familiar. (1)

La violación de distintos aspectos como son: Cargas de entrenamientos adecuadas, correcta técnica, buen calentamiento, adecuado control médico del entrenamiento, ejercicios de estiramiento miotendinosos, utilización de medios fisioterapéuticos preventivos, etc., conducen al aumento de lesiones. (2)

Según datos de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca y del Departamento de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de León (3), las lesiones deportivas presentan una mayor incidencia en aquellas edades en las cuales es más frecuente la práctica del ejercicio físico y especialmente el deporte de competición, es decir, la segunda y tercera década de la vida. Entre los 15 y los 25 años se produce la mayor incidencia de lesiones en la mayoría de los deportes. En una revisión de 3.202 lesiones realizada por estas instituciones, la edad media ha sido de 19,5 años, con unos extremos de 8 y 70 años; sin embargo, la edad en que más lesiones encontraron fue 17 años. Las lesiones en el sexo masculino fueron mucho más frecuentes, que en el femenino, en una proporción de 4 a 1. El número de lesiones atendidas en deportistas varones, 2.595 (81 %), ha sido considerablemente más elevado que las vistas en mujeres, que fueron 607 (19 %). (3)

Las lesiones deportivas afectan con mayor frecuencia a las extremidades inferiores, en porcentajes que oscilan entre el 50 y el 86 %, siendo las articulaciones del tobillo y la rodilla las más involucradas. En la serie de lesiones revisada por la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca y del Departamento de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de León, más de las dos terceras partes de las lesiones, 2.304 (71,9 %) asentaron en las extremidades inferiores. Las extremidades superiores recibieron 547 (17 %), y solamente 351 lesiones (10,9 %) afectaron al tronco. Dentro de las extremidades inferiores, la localización en la articulación de la rodilla ha sido ligeramente más frecuente (24,1 %), que en el tobillo (22,3 %), seguidas del muslo (11,4

%), el pie (9,6 %), y con un porcentaje inferior, la pierna (4 %). En las extremidades superiores, la muñeca y la mano (11,1 %) son asiento de lesiones con mucha más frecuencia que el hombro (3,2 %) o el codo (1,7 %). El antebrazo (0,5 %) y el brazo (0,5 %) registran un porcentaje muy bajo de lesiones. (3)

Hoy en día aún resulta difícil el estudio directo o las investigaciones que involucren a deportistas, principalmente en nuestro medio donde el apoyo al desarrollo del deporte es limitado (4). La magnitud de las lesiones del miembro inferior pueden ser desde una simple contusión, distensión o contractura hasta una rotura fibrilar parcial o una rotura de ligamento cruzado; en tal caso, la incapacitación del atleta se prolonga por mucho tiempo y en el peor de los casos el atleta no recupera sus capacidades funcionales del miembro inferior lo cual los obliga al retiro prematuro de su actividad. Un ejemplo de ello es el ex futbolista brasileño Ronaldo, quien se retiró a la edad de 34 años tras sufrir dos lesiones en su rodilla derecha, una rotura de ligamento cruzado y una rotura del tendón rotuliano. (5)

Cada deporte supone diferentes necesidades físicas y riesgos para el atleta. El deporte de competición incluye quizás un mayor riesgo de lesiones, pero muchas personas quieren participar en este nivel (6). Se debe tomar en cuenta que las lesiones deportivas constituyen una problemática a nivel mundial que abarca factores como la edad, el estado físico del atleta y su dominio de un deporte en concreto (7).

La vulnerabilidad del atleta ante una lesión deportiva depende de varios factores: propios del atleta (capacidad física, hábitos como la dieta y el descanso) y ajenos al deportista (equipamiento deportivo) (8). No hay datos de mortalidad causada por alguna lesión de miembro inferior en el deporte, sin embargo, las lesiones de miembro inferior pueden llegar a ser tan leves que únicamente se necesite estar fuera de actividad por un corto periodo, o pueden llegar a ser tan graves que obligue al atleta al retiro prematuro e incluso presente secuelas permanentes (9)

Aplicar el ejercicio como método de tratamiento en los pacientes tiene muchos más beneficios por ejemplo el paciente recupera mejor sus capacidades funcionales, aumenta su volumen muscular y estimula los nervios periféricos lo cual conduce a un estado físico satisfactorio (10)

Este estudio se desarrolló en futbolistas pertenecientes al Club Social y Deportivo Municipal o más popularmente conocido como el equipo de los “Rojos”. Se tomaron 20 individuos que sufrieron alguna lesión del miembro inferior y que fueron tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada y 20 individuos que sufrieron alguna lesión del miembro inferior y que fueron tratados con ultrasonido terapéutico. El fin del estudio consiste en comparar los beneficios que obtienen los futbolistas de alto rendimiento en cuanto a la flexibilidad, resistencia y fuerza del miembro inferior al ser tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada en comparación con el ultrasonido terapéutico. Para evaluar la flexibilidad del miembro inferior se realizó el test de flexibilidad general. Para evaluar la fuerza se utilizó el test de sentadilla y para evaluar la resistencia física se utilizó el burpee test.

El 35% de los futbolistas refirió lesión en el miembro inferior, principalmente en la rodilla. Con respecto a la fuerza del miembro inferior, 30% de futbolistas que recibió ejercicios de cadena cinética cerrada presento valores ideales del 30-60% del 1RM versus un 45% de los que recibieron ultrasonido terapéutico. Ninguno de los futbolistas tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada o ultrasonido terapéutico obtuvo el beneficio de ser clasificado en las categorías: bueno, excelente o de élite en resistencia física. En cuanto a la flexibilidad del miembro inferior, no hubo diferencia en el beneficio del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico (65% en ambos en categoría excelente).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

- 2.1.1** Describir los beneficios que se obtienen del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico en futbolistas de alto rendimiento con lesiones deportivas evaluados durante mayo y junio de 2015.

### **2.2 Específicos**

- 2.2.1** Identificar si los futbolistas que fueron sometidos a ejercicios de cadena cinética cerrada presentaron beneficios en cuanto a la flexibilidad de las articulaciones del miembro inferior con respecto a los que fueron tratados con ultrasonido terapéutico.
- 2.2.2** Estimar si los futbolistas que fueron sometidos a ejercicios de cadena cinética cerrada presentaron beneficios en cuanto a la resistencia física con respecto a los que fueron tratados con ultrasonido terapéutico.
- 2.2.3** Calcular si los futbolistas sometidos a ejercicios de cadena cinética cerrada presentaron beneficios en cuanto a la fuerza de los músculos del miembro inferior con respecto a los que fueron tratados con ultrasonido terapéutico.



### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 GENERALIDADES**

##### **3.1.1 Fútbol**

El fútbol (del inglés británico football), también conocido como balompié, es un deporte de equipo jugado entre dos conjuntos de once jugadores cada uno y algunos árbitros que se ocupan de que las normas se cumplan correctamente. Es ampliamente considerado el deporte más popular del mundo, pues lo practican unos 270 millones de personas.

El terreno de juego es rectangular de césped natural o artificial, con una portería o arco a cada lado del campo. Se juega mediante unapelota que se debe desplazar a través del campo con cualquier parte del cuerpo que no sean los brazos o las manos, y mayoritariamente con los pies (de ahí su nombre). El objetivo es introducirla dentro delarco contrario, acción que se denomina marcar un gol. El equipo que logre más goles al cabo del partido, de una duración de 90 minutos, es el que resulta ganador del encuentro (11).

##### **3.1.2 Futbolista de alto rendimiento**

Un atleta de alto rendimiento, en este caso futbolista, es el que presenta aptitudes o características que le permiten alcanzar altos resultados en su disciplina. Se considera que para llegar a un gran nivel se necesita talento, un buen entrenamiento y una baja tasa de lesiones. Dentro del futbol existen diversas posiciones tácticas: arquero, defensa, centrocampista y delantero, a los cuales se les asigna diferentes tareas que deben cumplir dentro del terreno de juego (11).

##### **3.1.3 Lesiones más comunes en el fútbol y tratamiento de rehabilitación**

Según la región anatómica, las lesiones en el futbol se pueden clasificar en:

<b>Región anatómica</b>	<b>Lesión</b>
Tobillo	Esguinces de tobillo Síndromes de atrapamiento del tobillo
Rodilla	Esguince medial Lesión del ligamento cruzado Lesión de menisco

### **3.1.3.1 Esguinces de tobillo**

Los esguinces agudos de tobillo y el dolor e inestabilidad crónicos son hechos comunes y susceptibles de provocar discapacidad en los jugadores de fútbol. La lesión más común en el fútbol, el deporte más popular del mundo, es el esguince de tobillo. Los esguinces menores de tobillo son frecuentes, y permiten que el atleta vuelva a la competición y al entrenamiento con una mínima pérdida de tiempo de juego. Los esguinces de tobillos moderados y graves pueden causar una significativa morbosidad, dando como resultado un largo período de inactividad, dolor crónico y recalcitrante, inestabilidad funcional, debilidad, pérdida de propiocepción y discapacidad atlética. Los objetivos para el tratamiento de los esguinces de tobillo deberían incluir la prevención, la minimización de la morbosidad y la creación de las condiciones para el retorno al terreno de juego. (12)

<b>Rehabilitación de un esguince agudo de tobillo</b>	
<b>Objetivos</b>	<b>Elementos de rehabilitación</b>
Fase I. Disminuir el dolor y la hinchazón	Protección, reposo, hielo, compresión, elevación (PRICE)
Fase II. Movilización	Hielo, movilidad, fortalecimiento, ejercicios propioceptivos
Fase III. Rehabilitación	
Fase IV. Funcional	Progresión funcional adaptada al deporte específico, fortalecimiento, flexibilidad, ejercicios propioceptivos

### **3.1.3.2 Síndromes de atrapamiento del tobillo**

Aun contando con los mejores programas de rehabilitación, hay un subgrupo de atletas aquejados de síntomas residuales. Estos síntomas incluyen dolor, debilidad, inestabilidad funcional e incapacidad para la práctica del fútbol. Los términos descriptivos para estos síntomas residuales incluyen esguinces crónicos de tobillo, lesiones meniscales y tobillos inestables. Este espectro sintomático debería ser considerado como una superposición de dolor, inestabilidad y aprisionamiento (12).

La intervención artroscópica ha ensanchado el espectro de alternativas terapéuticas. El aprisionamiento capsular anterior, que debe ser tratado quirúrgicamente mediante artroscopía, representa un pequeño porcentaje de las lesiones de tobillo (12).

El primer paso de este programa terapéutico se compone de un programa de rehabilitación que se sirve de una apreciación básica inicial de la movilidad y de una prueba isocinética básica. El protocolo de la fisioterapia incluye terapias físicas (hielo, fonofóresis, estimulación eléctrica y muscular), ejercicio y fortalecimiento (isométrico, isocinético e isotónico), actividades de movilidad (estiramientos, movilización articular) y progresión funcional según indicaciones, con ejercicios multidireccionales, entrenamiento propioceptivo y simulación deportiva (12).

### **3.1.3.3 Esguince medial**

Se produce a raíz de un estiramiento o desgarro de los ligamentos (que son las bandas de tejido que conectan los huesos entre sí y en la rodilla existen 4 tipos) y se pueden producir por una torcedura forzada de la rodilla, al caer de mala manera después de saltar o a raíz de un golpe en el lado interno de la rodilla, entre otros factores. Su recuperación es médica y no necesita intervención quirúrgica (13).

Los principales síntomas son dolor en la zona, inflamación, enrojecimiento, incapacidad para estar de pie sobre la pierna afectada, sensibilidad donde el ligamento lesionado se sujeta a un hueso en la rodilla, etc. Los esguinces de rodilla se gradúan de acuerdo con su severidad:

- **Grado 1:** Estiramiento y micro-desgarro del tejido del ligamento
- **Grado 2:** Desgarro parcial del tejido del ligamento. Ligera inestabilidad de la articulación cuando se examina.
- **Grado 3:** Desgarro severo o completo del tejido del ligamento. Inestabilidad significativa de la articulación. (13)

El tratamiento agudo de las lesiones de grado I consiste en el principio PRICE (protección, reposo, hielo, compresión, elevación). Los antiinflamatorios no esteroideos reducen el dolor y el edema y son útiles durante 3 a 5 días. Luego comienza el proceso de rehabilitación activa, que pone énfasis en la recuperación de la fuerza, la amplitud de movimiento y la función neuromuscular. Las lesiones de grados II y III se tratan durante 6 semanas con una órtesis que permite la amplitud de movimiento completa. Las lesiones de grado III suelen necesitar corrección quirúrgica (14)

Los ejercicios de rehabilitación pueden comenzar tan pronto como el dolor lo permita, en general después de 2 a 4 días. El paciente debe evitar los ejercicios que aplican tensión en valgo (14).

#### **3.1.3.4 Lesión del ligamento cruzado anterior**

El LCA es aquel que conecta el hueso tibia ((hueso que soporta la mayor cantidad de peso en la parte inferior de la pierna) al fémur (muslo) y el cuál es frecuentemente lesionado en deportes de contacto. Los síntomas iniciales incluyen dolor e hinchazón casi inmediata. Es una lesión grave, que requiere operación y su proceso de rehabilitación alcanza en promedio los 6 meses (13).

El tratamiento de rehabilitación se puede realizar bajo dos protocolos diferentes, el protocolo de rehabilitación acelerada y el protocolo tradicional. El protocolo de rehabilitación acelerada hace hincapié en lo siguiente (15):

- Movimiento inmediato, incluyendo la extensión completa
- Soporte de peso inmediato dentro de la tolerancia del paciente

- Ejercicio de cadena cinética cerrada inmediato para la potenciación y el control neuromuscular
- Reincorporación a la actividad a los 2 meses y a la competición a los 5 o 6 meses

El protocolo tradicional hace hincapié en lo siguiente:

- Progresión lenta para recuperar la flexión y la extensión
- Soporte de peso parcial o nulo en el período postoperatorio
- Ejercicios de cadena cinética cerrada a las 3 o 4 semanas de la operación
- Reincorporación a la actividad a los 6 o 9 meses(15)

### **3.1.3.5 Lesión de menisco**

La lesión de menisco es cada vez menos frecuente en el fútbol, pero sigue estando presente. Cabe señalar que el menisco es un amortiguador, y como tal se desgasta con el tiempo. En otros casos se lesiona producto de la compresión y torsión de la rodilla (13).

El atleta con un menisco lesionado tiene 3 opciones: meniscectomía total, meniscectomía parcial y reparación de menisco. La rehabilitación tras la reparación de menisco requiere la limitación del movimiento de la articulación. La rehabilitación tras la reparación es más prolongada que después de una meniscectomía total o parcial, en la que no hay por qué restringir el movimiento. Las recomendaciones de inmovilización tras la reparación van desde soportar peso de inmediato según lo tolere el paciente, hasta no soportar peso en absoluto durante 3 o 4 semanas. La rehabilitación tras la cirugía artroscópica para la meniscectomía total o parcial sin daños capsulares asociados es rápida, y la probabilidad de complicaciones, mínima (15).

## **3.2 Visión general del miembro inferior**

Los miembros inferiores (extremidades) son extensiones desde el tronco, especializadas en el soporte del peso corporal. Su función es la locomoción, la capacidad para moverse de un sitio al otro y mantener el equilibrio. El miembro inferior tiene seis grandes partes o regiones (16):

Región glútea: Esta región de transición entre el tronco y la porción libre del miembro incluye dos partes del miembro inferior: una redondeada prominente y posterior, las nalgas, y la porción más lateral y usualmente menos prominente llamada cadera o región de la cadera, que queda por encima de la articulación de la cadera y el trocánter mayor del fémur. La región glútea está limitada por arriba por la cresta iliaca, medialmente por la hendidura interglútea y en parte inferior por el pliegue cutáneo que queda bajo la nalga, llamado surco glúteo, los músculos glúteos constituyen la parte más gruesa de esta región (16).

Músculos de la región glútea: los músculos de la región glútea están dispuestos en tres planos: superficial, medio y profundo (17).

- Plano profundo: este plano muscular se halla aplicado inmediatamente sobre las caras superior y posterior de la articulación de la cadera. Esta formado de superior a inferior por los músculos glúteo menor, piriforme, gemelo superior, obturador interno, gemelo inferior, obturador externo y cuadrado femoral (17).
- Plano medio: esta plano está constituido únicamente por el musculo glúteo medio (17).
- Plano superficial: este plano consta de dos músculos: el glúteo mayor y el tensor de la fascia lata (17).

Región del muslo o femoral: esta parte o región de la porción libre del miembro inferior queda entre las regiones glútea, abdominal y perineal en sentido proximal y la región de la rodilla en sentido distal. Contiene la mayor parte del fémur, que conecta la cadera y la rodilla. La transición entre el tronco y la porción libre es abrupta en su parte anteromedial. El límite entre la pierna y la región abdominal es el ligamento inguinal en la parte anterior y la rama isquiopubiana del coxal (que forma parte de la cintura pelviana o esqueleto de la pelvis) en la parte medial. La unión de estas regiones es la región inguinal o ingle (16).

Músculos del muslo: se dividen en tres grupos distintos: un grupo anterior o grupo de músculos extensores; un grupo medial, formado por los músculos aductores; y un grupo posterior, que comprende los músculos flexores (17).

- Grupo muscular anterior: comprende un musculo profundo, el cuádriceps femoral (que a la vez se forma de los músculos vasto medial, vasto lateral, vasto intermedio y recto femoral), y un musculo superficial, el sartorio (17).

- Grupo muscular medial: este grupo está formado por cinco músculos: el grácil, el pectíneo y los tres músculos aductores del muslo (aductor mayor, aductor largo y aductor corto) (17).
- Grupo muscular posterior: comprende tres músculos, que son el semimembranoso, el semitendinoso y el bíceps femoral (17).

Rodilla o región de la rodilla: esta parte o región incluye las prominencias (cóndilos) del fémur distal y la tibia proximal, la cabeza del peroné y la rotula (que se sitúa por delante del extremo distal del fémur), así como las articulaciones entre estas estructuras óseas. La parte posterior de la rodilla incluye un hueco bien definido y relleno de grasa, en el que se sitúan estructuras neurovasculares, y que recibe el nombre de fosa poplítea (16).

Pierna o región de la pierna o crural: aunque las personas no expertas en la materia se refieren incorrectamente al hablar del miembro inferior diciendo “la pierna”, la pierna es en realidad la parte que queda entre la rodilla y las prominencias redondeadas medial y lateral (maléolos) que flanquean la articulación del tobillo. La pierna contiene la tibia y el peroné (o fíbula) y conecta la rodilla con el pie. La pantorrilla de la pierna es el relieve posterior causado por el músculo tríceps sura, desde donde se extiende el tendón calcáneo (de Aquiles) para alcanzar el talón (17).

Músculos de la pierna: los músculos de la pierna se dividen en tres grupos: anterior, lateral y posterior (17).

- Grupo muscular anterior: el grupo anterior comprende cuatro músculos: músculo tibial anterior; músculo extensor largo del dedo gordo; músculo extensor largo de los dedos, y músculo tercer peroneo. (17)
- Grupo muscular lateral: comprende dos músculos: el peroneo largo y el peroneo corto (17).
- Grupo muscular posterior: comprende ocho músculos dispuestos en dos planos, uno profundo (músculo poplíteo, músculo flexor largo de los dedos, músculos lumbricales, músculo tibial posterior, músculo flexor largo del dedo gordo), y uno superficial (músculo tríceps sural, músculo plantar) (17).

Tobillo o región talocrural: esta región incluye la parte distal y estrecha de la pierna y los maléolos: la articulación del tobillo se localiza entre los maléolos (16).

Pie o región del pie: el pie es la parte distal del miembro inferior que contiene el tarso, el metatarso y las falanges (huesos del pie). La superficie superior es el dorso del pie y la superficie inferior, que contacta con el suelo, es la planta o región plantar. El dedo gordo, como el pulgar, solamente tiene dos falanges, el resto de los dedos tiene tres (16).

Músculos del pie: los músculos del pie se distribuyen en dos regiones: músculos de la región dorsal del pie y músculos de la región plantar (17).

- Región dorsal del pie: consta de dos músculos: el extensor corto de los dedos y el extensor corto del dedo gordo; clásicamente el conjunto de ambos músculos se conoce como musculo pedio (17).
- Región plantar del pie: se dividen en tres grupos, medio, lateral y medial
  - Grupo muscular medio: este grupo consta de trece músculos. Los músculos se disponen en tres planos: un plano profundo o plano de los músculos interóseos; un plano medio formado por los músculos cuadrado plantar y lumbricales, y un plano superficial formado solo por el musculo flexor corto de los dedos (17).
  - Grupo muscular medial: consta de tres músculos: el abductor del dedo gordo, el flexor corto del dedo gordo y el aductor del dedo gordo (24).
  - Grupo muscular lateral: consta también de tres músculos: el abductor del dedo pequeño, el flexor corto del dedo pequeño y el oponente del dedo pequeño (17).

### **3.2.1 Fuerzas a que puede ser sometido un hueso**

Un hueso puede ser sometido a fuerzas de compresión, de tracción, de cizallamiento, de flexión y de torsión

#### **3.2.1.1 Fuerzas de compresión**

Dos fuerzas iguales y opuestas se aplican sobre la superficie del hueso. Como consecuencia, este tiende a acortarse y ensancharse. Las fuerzas máximas tienen lugar en un plano perpendicular al de la línea de carga. En la práctica clínica, un ejemplo característico de fractura por este mecanismo son los aplastamientos vertebrales (18).

### **3.2.1.2 Fuerzas de tracción**

En este caso, dos fuerzas iguales se aplican en sentido contrario sobre el hueso. Como resultado el hueso tiene tendencia a alargarse y a hacerse más estrecho. Al igual que en el caso anterior las fuerzas máximas tienen lugar en un plano perpendicular a la línea de carga. Un ejemplo de fractura por este mecanismo es el arrancamiento de la estiloides del quinto metatarsiano, por tracción del tendón del peroneo lateral corto (18).

### **3.2.1.3 Fuerzas de cizallamiento**

La fuerza se aplica perpendicular a la superficie del hueso y las fuerzas máximas tienen lugar en un plano paralelo a la dirección de aplicación de la fuerza. El hueso cortical soporta mejor la compresión que la tracción, y la tracción mejor que el cizallamiento. Un ejemplo de este tipo de fractura es la fractura intercondilea del fémur (18).

### **3.2.1.4 Fuerzas de flexión**

Las fuerzas aplicadas sobre el hueso hacen que este se doble sobre su eje mayor, y aparecen en el interior de hueso fuerzas de compresión en el lado de aplicación de la fuerza y fuerzas de tracción en el lado opuesto. Estas fuerzas son mayores cuanto más alejadas están del eje neutro del hueso. Ejemplo de este tipo de fractura serian las del antebrazo al caer y poner la mano en el suelo (18).

### **3.2.1.5 Fuerzas de torsión**

En este caso. La fuerza aplicada sobre el hueso tiende a hacerlo rotar alrededor de su eje. Aparecen fuerzas de cizallamiento que se distribuyen a lo largo de toda la estructura, siendo más intensas. Cuanto más alejadas están del eje neutro del hueso. Ejemplo de este tipo de fuerzas sobre el hueso es la fractura espiroidea de tibia, que se produce cuando se esquía al caer rotando sobre el pie fijo anclado por el esquí (18).

### **3.2.2 Tratamientos físicos activos**

Constituyen la base del proceso de rehabilitación. Cuando se produce una lesión, el músculo inmóvil se atrofia con rapidez, el tejido conjuntivo se contrae y se producen cambios perjudiciales en la articulación. El tratamiento físico activo requiere interés y cumplimiento por parte del deportista para reducir al mínimo las consecuencias de la lesión y volver a la actividad (19).

#### **3.2.2.1 Ejercicios de fortalecimiento**

Su objetivo inicial es reducir la atrofia por desuso, aumentar la circulación y mantener la forma física de los músculos. A medida que el proceso curativo continúa, aumenta la fuerza, el control, la coordinación y la resistencia, lo cual facilita la recuperación. Hay varios tipos de ejercicios de fortalecimiento, los cuales se combinan para obtener el máximo efecto (19).

#### **3.2.2.2 Ejercicios isométricos**

Se realizan sin ejecutar movimiento alguno en la articulación sobre la cual actúa el músculo (26). La longitud del músculo se mantiene invariable durante la contracción, el efecto del entrenamiento se consigue por el aumento de tensión que se produce al sostener una posición contra resistencia (27). Hay dos tipos de programas: las contracciones prolongadas de 20-30 s realizadas 10-20 veces y con un descanso de 20 s. Se pueden hacer ya en la fase aguda de la lesión hasta 10 veces diarias. Basmajian recomienda ejercicios isométricos máximos (con peso añadido), cortos (5-6 s) y repetidos con una pausa de 20 s. Esto reduce la tensión cardiovascular (hipertensión), que se produce con los ejercicios isométricos prolongados. El ejercicio puede realizarse con las articulaciones adoptando distintos ángulos, para conseguir aumentar la fuerza del músculo (19).

#### **3.2.2.3 Ejercicios isotónicos**

La contracción del músculo mueve la articulación en toda su amplitud de movimiento. Por tanto, si el músculo se acorta mientras se contrae (p. ej., en una flexión de bíceps), se denomina contracción concéntrica (19,20). El acto de hacer

bajar un peso desde cierta altura (p. ej., extensión del brazo después de una flexión de bíceps hasta la posición inicial) se denomina excéntrico, ya que el músculo se elonga mientras se contrae (19,20). Los ejercicios de contrarresistencia progresiva (ECRP) realizados a diario y con pesas u otros aparatos que opongan resistencia al movimiento se prescriben después de la fase aguda. También se emplean repeticiones múltiples, cuyo número y cuyo grado de resistencia varían. Se requiere enseñar cuidadosamente estos ejercicios y deben realizarse siempre bajo supervisión. Más adelante ofrecemos ejemplos habituales. Se han creado variedad de máquinas de musculación para mejorar la fuerza en toda la amplitud de movimiento y con distintas longitudes musculares (19).

#### **3.2.2.4 Entrenamiento de la fuerza biocinética**

Se trata de una forma especial del entrenamiento de la fuerza dinámica. En aparatos especiales, el propio paciente efectúa la resistencia al mismo tiempo que realiza el movimiento. Tan solo se indica la velocidad del movimiento; la resistencia se adapta constantemente a la fuerza muscular, dependiendo de la posición articular (20)

### **3.2.3 Flexibilidad**

Estos ejercicios tienen dos ventajas:

- 1) permiten y potencian la amplitud del movimiento (ROM) articular, factor que influye en la recuperación de la mecánica articular normal (19);
- 2) el efecto de un estiramiento graduado en el tiempo aumenta la longitud de las unidades contráctiles y los elementos de tejido conjuntivo del músculo. Como el músculo, el tendón y la entesis forman parte de la misma unidad contráctil, lo que ayuda a reducir la lesión. La irrigación sanguínea del tendón procede sobre todo de los músculos y algo menos de la entesis/inserción en el hueso. Hay un área crítica en el tendón que es susceptible a lesiones e isquemia (19).

Los ejercicios de flexibilidad tienen el efecto de mejorar la eficacia de la amplitud de las contracciones musculares y previenen su arrancamiento en la unión ósea y tendinosa, reduciendo la posibilidad de una “deformidad en arco de flecha” en el punto de amplitud final. Después de los estiramientos para la lesión tras la fisioterapia, p. ej., con hielo o

calor, se reduce la actividad del sistema fusiforme, induce analgesia y a menudo permite una mayor amplitud de movimiento articular (19).

### **3.2.4 Resistencia**

Es la capacidad que un músculo tiene para ejecutar una tarea estática (isométrica) o dinámica (isotónica). Depende del estado del músculo y del estado cardiovascular del individuo.

El rendimiento se produce aeróbica o anaeróbicamente según el tipo de suministro energético (20).

- Resistencia aeróbica: la obtención de energía en el musculo tiene lugar por el aporte de oxígeno, se crea una situación de igualdad entre la entrada y el consumo de oxígeno. Este fenómeno se denomina *steadystate*, estado de equilibrio (20)
- Resistencia anaeróbica: al obtener energía se produce un déficit de oxígeno en el musculo (20)

Son muchos los métodos a nuestra disposición para realizar un entrenamiento de resistencia física y aerobio para deportistas lesionados. Son, entre otros (19):

- Natación.
- Ejercicios realizados en el agua (hidroterapia).
- Caminar a buen ritmo.
- Entrenamiento en circuito.
- Gimnasia sueca/aeróbica.
- Bicicleta estática.
- Máquinas de pesas.

### **3.2.5 Vuelta a la práctica deportiva**

Pautas para la vuelta a la práctica deportiva después de una lesión (19):

- Cuando los signos y síntomas agudos hayan pasado
- Cuando se puedan emplear al máximo todas las articulaciones y se pose fuerza y propiocepción suficientes para realizar las tareas
- Mecanismos de movimiento normales
- Ejecución satisfactoria de actividades deportivas específicas al mismo nivel o por encima del nivel previo a la lesión

En un estudio realizado en Guatemala en el año 2014 se evaluaron métodos de prevención y tratamiento fisioterapéutico en lesiones con deportistas que practican aeróbicos sobre las personas que practicaban este deporte. Tensión muscular fue el tipo más común de lesiones 31.4%, seguido de esguinces de ligamentos 22.9%, la extremidad inferior fue la región más perjudicada por el 50% de todas las lesiones. La crioterapia fue la modalidad de tratamiento más utilizada, seguido de vendaje y masaje con geles antiinflamatorios, en algunas lesiones se proseguía a realizar movilizaciones pasivas y activas. En la lesión del ligamento lateral externo de rodilla el protocolo fisioterapéutico fue; medios físicos antiinflamatorios reposo relativo, elevación y frío local, vendaje compresivo, realización de ejercicios isométricos de potenciación de la musculatura y de flexo – extensión de la rodilla en descarga. Posteriormente, se comienza a cargar el peso sobre el miembro afecto, electroterapia Tens por un periodo de 20 minutos en modalidad de ráfagas, ultrasonido superficial 3mhz 15 minutos en el área a tratar. Se obtuvo como resultados que las personas que practicaban aeróbicos tuvieron mayor tono postural aumento de la propioceptividad, aumento de fuerza, resistencia, flexibilidad especialmente en la región sacrolumbar (21).

En un artículo publicado por la universidad autónoma del estado de México titulado “Lesiones deportivas más comunes”, se encontró que las lesiones más frecuentes asociadas a la práctica deportiva son (22):

- heridas
- contusiones
- distensiones
- contracturas
- esguince
- desgarro
- luxación

- fractura

Aseguran que las primeras 24 horas tras la lesión son las más críticas porque determinan el grado que alcanzará la lesión y cuánto tardará en recuperarse. La manera más práctica en el manejo de lesiones agudas es utilizar el método PRICE (protección, reposo, hielo, compresión, elevación). En el estudio se asegura que el deporte puede convertirse en el elemento protector y potenciador de la salud, o bien ser considerado como factor de riesgo para determinadas patologías como los trastornos de la alimentación (22).

### **3.3 Test para evaluar el miembro inferior**

#### **3.3.1 Test de sentadilla**

El propósito de este test es medir la fuerza máxima del tren inferior (piernas) (31). Según la literatura, Nacleiro, F; Rodríguez, G; Forte, D. “el peso óptimo está entre el 30 y el 60% del 1RM” (23).

Posición inicial: el ejecutante estará de pie, con una barra de discos colocada tras la nuca y con apoyo y sobre los hombros. El agarre se realizara con ambas manos a cada lado de la barra. La colocación de la barra puede ser individual, si esta queda previamente apoyada sobre los postes y a la altura de los hombros del ejecutante o, con ayuda de dos colaboradores, que elevaran la barra y la depositaran sobre los hombros del ejecutante (24).

Ejecución: a la señal, el alumno realizara flexión completa de piernas, manteniendo, en todo momento, la espalda recta, una vez llegado a la flexión máxima, volverá mediante extensión de rodillas hasta la posición inicial. Durante la ejecución, los pies estarán, en todo momento, con la planta apoyada (24).

Hori, N. y col., sostienen que el entrenamiento más efectivo, es aquel que estimula todas las variables donde participen la fuerza y velocidad, por lo tanto afirma, que si utilizamos cargas por debajo del 30% de 1RM y saltos sin peso, estaremos estimulando preponderantemente la velocidad, en cambio, trabajos de sentadillas con salto o en cargadas de potencia con el 55% de 1RM, estaremos estimulando la fuerza velocidad. El

peso óptimo, donde se manifiesta el mejor valor de potencia media, en el salto cargado en jugadores juveniles, se ubica en un rango de cargas cercanas al 50% de 1RM (23).

Las repeticiones que se pueden realizar en una serie tienen una relación con el valor de 1RM. En los últimos tiempos hay autores que se empeñan en ofrecer datos sobre el número de repeticiones que se puede hacer con cada porcentaje de 1RM. Hace unos años, Brzycki (1993) ofreció una ecuación de regresión que es considerada como una de las de mayor poder de predicción. Con ella se puede estimar tanto el valor de 1RM como el tanto por ciento que representa un peso en función de las repeticiones que se pueden hacer con él (25).

Estas ecuaciones son especialmente aplicables a los ejercicios en el entrenamiento de fuerza; la sentadilla y el press de banca. La correlación entre los predictores (número máximo de repeticiones realizadas con el peso correspondiente) y el criterio (1RM o el % de 1RM) fue 0.99 en el press de banca y de 0.96 en la sentadilla (25).

Para estimar el valor de 1RM, la formula seria:

$$1RM = \text{peso levantado (en kg)} / 1.0278 - 0.0278 * X$$

Para estimar el tanto por ciento de 1RM:

$$\%1RM = 102.78 - 2.78 * X$$

Donde "X" representa en los dos casos el número máximo de repeticiones realizado con el peso correspondiente (25).

### **3.3.2 Test de burpee**

Su principal objetivo es la estimación de la capacidad anaeróbica del sujeto. En concreto, la resistencia anaeróbica láctica (24,26).

Para comenzar su realización, el sujeto estará situado de pie, con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo. A la señal, el alumno realizara varios movimientos o fases (24):

- Flexión de piernas hasta toca, con las manos, el suelo a ambos lados de la cadera (31,33).
- Trasladar el peso del cuerpo a las manos, manteniendo los brazos extendidos y realizando una extensión del tronco y miembro inferior hacia atrás hasta el apoyo de los pies por las punteras (24,27).
- Volver a la posición número 1 (flexión de piernas y manos apoyadas en suelo a ambos lados del de la cadera) (24,27).
- Situarse en posición de pie (24,27).

El sujeto realizara este ejercicio el mayor número de veces posible durante un minuto (24).

La resistencia cardiovascular se mide respecto a la cantidad de repeticiones de este ejercicio que se puedan realizar (24).

- Menos de 30 repeticiones sería una muy mala marca para un deportista.
- Entre 30 y 40 se considera normal.
- Entre 40 y 50 se considera bueno.
- Entre 50 y 60 es una marca excelente.
- Más de 60 burpees, indican una resistencia anaeróbica láctica de élite.(24)

### **3.3.3 Test de flexibilidad general**

La flexibilidad es la capacidad que tiene el cuerpo de desplazar los segmentos óseos que forman parte de la articulación. Esto se refiere al radio de acción que es capaz de producir una articulación. (28).

Para la realización de esta prueba se necesitan los siguientes materiales:

1. Cinta métrica de 50 centímetros
2. Superficie plana

La prueba se realiza de la siguiente manera:

- Sentado con las rodillas extendidas

- Se realiza una flexión de hombros, tronco y caderas, las rodillas se mantienen extendidas
- El movimiento se debe realizar muy lentamente, manteniendo ambas manos unidas. Cuando se llega al punto donde no se pueda flexionar más, la persona se detendrá y otra persona medirá con una escuadra sobre la cinta métrica, registrando los resultados en la tabla. Se pueden realizar hasta tres intentos y tomar el mejor resultado de ellos. (28)

A mayor flexibilidad mayor capacidad de movimientos articulares y la resultante será en consecuencia más fuerza. Debido a esto es importante realizar ejercicios de flexibilidad antes de cualquier práctica deportiva (28).

***Tabla para colocar los datos de la prueba de flexibilidad***

	a) Prueba Inicial	b) Prueba Intermedia	c) Prueba final
Distancia alcanzada en centímetros			
Diferencia con la Prueba Inicial		(b-a) =	(c-a) =
Porcentaje de mejora con la prueba inicial			

En la fila donde dice diferencia con la prueba inicial se resta (b - a), es decir (14 - 12) = 2 cm. El resultado se escribe en la columna que dice (b) prueba intermedia (28).

En la fila donde dice diferencia con la prueba inicial se resta (c - a), es decir (16 - 12) = 4 cm. El resultado se debe escribir en la columna que dice (c) prueba final (28).

Para obtener los porcentajes de la fila donde dice porcentaje de la mejora con la prueba inicial, se multiplican los resultados de la diferencia con la prueba inicial de cada columna por 100 y se divide por el resultado de (a). Con este porcentaje se compara el resultado de (c) con la siguiente escala (28):

Porcentaje	Escala
Más de 30 %	Excelente
de 21 % a 30 %	bueno
de 11 % a 20 %	regular
de 0 % a 10 %	deficiente

### **3.4 Ejercicio de cadena cinética cerrada**

En años recientes el concepto del ejercicio de cadena cinética cerrada ha sido centro de atención como técnica de rehabilitación útil y eficaz, en particular para las lesiones en las que se están implicadas las extremidades inferiores. Las articulaciones del tobillo, la rodilla y la cadera componen la cadena cinética de la extremidad inferior. Cuando se estabiliza o se fija un segmento distal de la extremidad inferior, como cuando el pie soporta peso sobre el suelo, se dice que la cadena cinética está cerrada. Por el contrario, en una cadena cinética abierta, el segmento distal no está fijo sino que es móvil, tradicionalmente, los protocolos de aumento de fuerza en la rehabilitación han utilizado ejercicios de cadena cinética abierta como la flexión y extensión de la rodilla en un aparato preparado para tal efecto (15).

Los ejercicios de cadena cinética cerrada tienen dos ventajas concretas respecto a los ejercicios de cadena cinética abierta. Desde una perspectiva biomecánica. Son más seguros y producen tensiones y fuerzas que constituyen un menor peligro para las estructuras que se están recuperando. También son más funcionales que los ejercicios de cadena cinética abierta ya que implican actividades en las que se soporta peso (15).

Aunque los ejercicios de cadena cinética cerrada suelen utilizarse en la rehabilitación de la extremidad inferior, también pueden ser útiles en los protocolos de rehabilitación para ciertas actividades de las extremidades superiores (15).

#### **3.4.1 Concepto de cadena cinética**

El concepto de cadena cinética fue propuesto por vez primera en los años setenta, y los ingenieros mecánicos lo denominaron inicialmente sistema de unión. En este sistema de

unión, las articulaciones conectan una serie de segmentos rígidos y superpuestos. Si ambos extremos, de este sistema están conectados a un marco inmóvil, el traslado de los extremos distal o proximal resulta imposible. En este sistema de unión cerrado, el movimiento de una articulación produce movimiento predecible de todas las otras articulaciones. Este tipo de sistema de unión cerrado no existe en las extremidades inferiores ni en las superiores. No obstante, cuando un segmento distal de la extremidad (es decir, la mano o el pie) se encuentra con una resistencia, los patrones de reclutamiento muscular y los movimientos de las articulaciones son diferentes de cuando el segmento distal se mueve libremente. De modo que se propusieron dos sistemas: uno abierto y otro cerrado. Cuando el pie o la mano se encuentran con una resistencia, hay una cadena cinética cerrada. Una verdadera cadena cinética cerrada solo puede producirse durante el ejercicio isométrico, ya que ni los segmentos proximales ni los distales pueden moverse en un sistema cerrado (15).

### **3.4.2 Biomecánica del ejercicio de cadena cinética cerrada en la extremidad inferior**

Los ejercicios de cadenas cinéticas abierta y cerrada tienen diferentes efectos biomecánicos en la extremidad inferior y en particular en la articulación de la rodilla. Un mismo músculo funciona de modo distinto en condiciones de cadena cinética abierta o cerrada (15). Por ejemplo, el músculo tibial posterior funciona en una cadena cinética invirtiendo y generando flexión plantar del pie y el tobillo. En la fase ortostática de la marcha, cuando el pie está apoyado en el suelo en una cadena cinética cerrada, el tibial posterior contrae para desacelerar la articulación subastragalina y mueve en supinación el pie al tiempo que gira externamente la pierna. Por tanto, el ejercicio de cadena cinética cerrada siempre debe tener en cuenta como parte integral de un programa de rehabilitación (29)

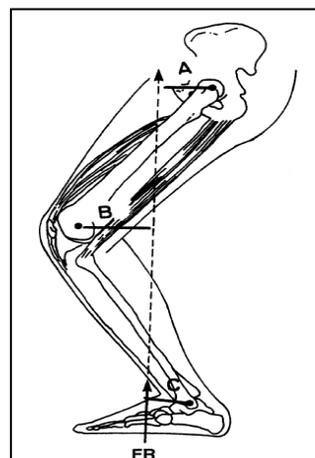
Se produce una fuerza de cisión en una dirección posterior que haría que la tibia se desplazase en sentido anterior si no estuviera limitada por los tejidos blandos (principalmente el ligamento cruzado anterior). La segunda fuerza es una fuerza de compresión que sigue la dirección del eje longitudinal de la tibia. Los ejercicios en los que se soporta peso aumentan la compresión de las articulaciones, lo que mejora la estabilidad de la articulación (15).

En un ejercicio de la articulación de la rodilla de cadena cinética abierta realizado en la posición de sentado, cuando se aplica una fuerza de resistencia a la parte distal de la tibia, las fuerzas de cisión y compresión se potencian al máximo. Cuando se aplica una fuerza de resistencia más proximal, la fuerza de cisión se ve significativamente reducida, al igual que la fuerza compresiva. Si la fuerza de resistencia se aplica en una dirección más axial, la fuerza de cisión también es más pequeña. Si se produce una cocontracción de los isquiotibiales, la fuerza de cisión queda minimizada (15).

Los ejercicios de cadena cinética cerrada provocan la contracción de los isquiotibiales, creando un momento de flexión tanto en la cadera como en la rodilla, con los isquiotibiales contrayéndose para estabilizar la cadera mientras el cuádriceps estabiliza la rodilla, un momento es el producto de fuerza por distancia desde el eje de rotación, describe el efecto de giro producido cuando se ejerce una fuerza sobre el cuerpo que gira sobre un punto fijo. La contracción de los isquiotibiales ayuda a contrarrestar la tendencia del cuádriceps a causar un traslado tibial anterior. La cocontracción resulta especialmente eficiente a la hora de reducir la fuerza de cisión cuando la fuerza de resistencia se dirige en una orientación axial en relación con la tibia, como ocurre en un ejercicio en el que se soporta peso. Varias investigaciones han demostrado que la cocontracción ayuda a estabilizar la articulación de la rodilla y a disminuir las fuerzas de cisión (15). Ver figura 1

La tensión de los isquiotibiales se puede aumentar con una leve flexión anterior del tronco. Esta flexión desplaza el centro de gravedad en sentido anterior disminuyendo el momento de flexión de la rodilla y reduciendo de este modo la fuerza de cisión de la rodilla y las de compresión femoropatelar. Los ejercicios de cadena cinética cerrada intentan minimizar el momento de flexión de la rodilla, al mismo tiempo que aumentan el momento de flexión de la cadera (15).

También se crea un momento de flexión del tobillo cuando se aplica la fuerza de resistencia a la parte inferior del pie. La planta del pie estabiliza la tensión del tobillo y crea un momento de extensión de la rodilla, que, una vez más, ayuda a neutralizar la fuerza de cisión anterior. De este modo se recluta toda la cadena cinética de la extremidad inferior,



**Figura 1.** Ejercicios de cadena cinética cerrada. Los ejercicios de cadena cinética cerrada provocan la contracción de los isquiotibiales creando un momento de flexión en: A. la cadera; B, la rodilla, y C, el tobillo.

aplicando una fuerza axial al segmento distal (15).

En un ejercicio de cadena cinética abierta que implica extensiones de la pierna desde la sedestación, la fuerza de resistencia se aplica a la tibia distal, creando un momento de flexión únicamente en la rodilla. Esto niega los efectos de una cocontracción de los isquiotibiales y, por tanto, produce una fuerza de cisión máxima en la articulación de la rodilla (15).

Las fuerzas de cisión creadas por medio de la flexión y extensión isométricas de cadena cinética abierta a 30 y 60° de flexión de la rodilla son mayores que con los ejercicios de cadena cinética cerrada. También se ha demostrado una disminución del desplazamiento tibial anterior durante la flexión de rodilla isométrica de cadena cinética cerrada a 30°, medida por medio de la artrometría de rodilla (15).

Los efectos de los ejercicios de cadena cinética abierta frente a los de cadena cinética cerrada sobre la articulación femoropatelar también deben tenerse en cuenta. En un ejercicio de extensión de cadena cinética abierta, el momento de flexión aumenta a medida que la rodilla se extiende de los 90° de flexión a una extensión completa, aumentando la tensión del cuádriceps y del tendón rotuliano. De este modo, las fuerzas de reacción de la articulación femoropatelar aumentan con la fuerza máxima, que tiene lugar a los 36° de flexión de la articulación. A medida que la rodilla se mueve hacia una extensión total, el área de contacto femoropatelar disminuye, aumentando la tensión de contacto por unidad de área (15).

En un ejercicio de cadena cinética cerrada, el momento de flexión aumenta a medida que la rodilla se flexiona, causando una vez más un aumento de la tensión del tendón rotuliano y del cuádriceps, y por tanto, un aumento de las fuerzas de reacción de la articulación femoropatelar. No obstante, la rotula tiene una superficie de contacto mucho más amplia con el fémur, y la tensión de contacto queda minimizada. Los ejercicios de cadena cinética cerrada pueden tolerarse mejor en la articulación femoropatelar debido a que la tensión desde contacto queda minimizada (15).

### **3.4.3 Aspectos funcionales del ejercicio de cadena cinética cerrada**

El uso de los ejercicios de aumento de fuerza de cadena cinética cerrada en la rehabilitación de las extremidades inferiores tiene otra ventaja importante. La mayoría de las actividades de la vida diaria, como andar, subir, ponerse en pie, así como la mayor parte de las actividades deportivas, implican un sistema de cadena cinética cerrada. Puesto que el pie suele estar en contacto con el suelo, las actividades que hacen uso de este sistema cerrado son más funcionales. Con la excepción del movimiento de patada, no hay duda de que los ejercicios de cadena cinética cerrada son más específicos a las actividades deportivas, ya que implican ejercicios muy semejantes a los de la actividad deseada. En un contexto de medicina deportiva, hay que hacer hincapié en la especificidad del entrenamiento para facilitar la transición a las actividades funcionales en el campo de juego (15,30).

Con los ejercicios de cadena cinética cerrada, el eje de movimiento no está aislado en una sola articulación, y el movimiento se produce de forma proximal y distal a la articulación. Los ejercicios de cadena cinética cerrada también permiten una velocidad de movimiento variable y dependen de la velocidad funcional del ejercicio. Se basan en la postura para lograr la estabilidad, lo que es más funcional que algunas correas o refuerzos externos, como es el caso de muchos aparatos de ejercicio. El entrenamiento propioceptivo se produce con el cuerpo en una situación más funcional ante la que reaccionar. Los ejercicios de cadena cinética cerrada no están limitados por el diseño del equipamiento, y por tanto, pueden alterarse o adaptarse a actividades más específicas al deporte (15,30).

Los ejercicios de cadena cinética cerrada utilizan diversas combinaciones de contracciones isométricas, excéntricas y concéntricas, que deben tener lugar de forma simultánea en diferentes grupos musculares dentro de la cadena. Los ejercicios de tipo aislado suelen utilizar un tipo específico de contracción muscular para producir o controlar el movimiento. Por consiguiente, debe haber algún tipo de adaptación neural a este tipo de ejercicio de aumento de fuerza que permita sincronizar acciones musculares agonistas y antagonistas de mayor complejidad (15).

J. Augustsson et al (1998) compararon la mejora de rendimiento en el salto vertical y la fuerza en Squat (a 3RM) entre dos grupos de similares características donde un grupo

entrenaba con ejercicios de cadena cinética cerrada, y el otro con cadena cinética abierta. Después de 6 semanas de entrenamiento con dos sesiones semanales, Augustsson encuentra que el grupo que entrenó con ejercicios de cadena cinética cerrada había mejorado significativamente tanto la sentadilla (31%,  $p < 0.05$ ) como en el salto vertical (10%,  $p < 0.05$ ), mientras que el grupo de cadena abierta solo mejoró en la sentadilla (13%) y en menor medida que el otro grupo. Parece sorprender a los autores que el grupo que entrena con ejercicios de cadena cinética abierta no mejore en el salto vertical y si en el squat, mientras que el de cadena cerrada lo hace en ambos tests (31).

#### **3.4.4 Uso del ejercicio de cadena cinética cerrada en la rehabilitación de las lesiones de la extremidad inferior**

Durante muchos años, los terapeutas deportivos han utilizado los ejercicios de cadena cinética abierta para aumentar la fuerza de las extremidades inferiores. Esta práctica se ha debido, en parte, a las limitaciones de diseño de los aparatos de ejercicio de resistencia. No obstante, la actual popularidad de los ejercicios de cadena cinética cerrada puede atribuirse principalmente a una mejor comprensión de la cinesiología y la biomecánica implicada en la rehabilitación de las lesiones de la extremidad inferior (15).

El curso de la rehabilitación después de la lesión del ligamento cruzado anterior ha cambiado de un modo radical en los últimos años. Los avances tecnológicos han cambiado de forma significativa las técnicas quirúrgicas, lo que ha permitido a los terapeutas deportivos cambiar su filosofía de la rehabilitación. La literatura actual esta decididamente a favor de los programas de rehabilitación acelerada que recomiendan el uso extensivo de ejercicios de cadena cinética cerrada (15).

Se realizó un estudio prospectivo, aleatorizado, de ejercicios de cadena cinética abierta y cerrada durante la rehabilitación acelerada tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior para determinar si ejercicios de cadena cinética cerrada son seguros y si ofrece alguna ventaja sobre la rehabilitación convencional. Bynum, Barrack, Alexander (1995) encontraron lo siguiente: El grupo de cadena cinética cerrada utilizó un trozo de tubo elástico, el cable de Deporte, para llevar a cabo ejercicios con apoyo corporal y el grupo de cadena cinética abierta utilizó equipos convencionales de terapia física. Pre y postoperatoria incluyó la evaluación de la rodilla de Lysholm, la escala Tegner y KT-1000 artrómetría. En general, la estabilidad se restauró en más del 90% de las rodillas. Dolor

patelofemoral preoperatoria se redujo significativamente del 95% de los pacientes tenían un rango completo de movimiento. El grupo de cadena cinética cerrada tenía menores medias KT-1000 artrometría de lado a lado. Las diferencias, menor dolor patelofemoral, estuvieron en general más satisfechos con el resultado final, y más a menudo se piensa que volvieron a la normalidad las actividades diarias y deportes antes de lo esperado (32).

Debido a las ventajas biomecánicas y funcionales de los ejercicios de cadena cinética cerrada descritos anteriormente, estas actividades son ideales para rehabilitación del ligamento cruzada anterior. La mayoría de estas investigaciones también indican que los ejercicios de cadena cinética cerrada pueden incorporarse muy pronto y sin peligro a los protocolos de rehabilitación. Algunos terapeutas deportivos recomiendan iniciarlos a los pocos días de la intervención quirúrgica (15).

#### **3.4.5 Ejercicios específicos de cadena cinética cerrada para la extremidad inferior**

En el contexto de la medicina deportiva, hay diversos ejercicios de cadena cinética cerrada que han adquirido popularidad y se han incorporado a los protocolos de rehabilitación, entre los ejercicios utilizados de forma habitual están el mini-squat, la prensa de pierna, los aparatos de subir peldaños, el step-up lateral, la extensión de rodilla terminal utilizando bandas elásticas y la bicicleta estática (15).

##### **a) Mini-squat**

El mini-squat implica una extensión simultánea de cadera y rodilla y se realiza en una amplitud de 0 a 40°. Cuando la cadera se extiende, el recto femoral se contrae excéntricamente, mientras los isquiotibiales se contraen concéntricamente. Al mismo tiempo, cuando las rodillas se extienden, los isquiotibiales se contraen excéntricamente. Mientras que el recto femoral se contrae concéntricamente. Las contracciones concéntricas y excéntricas se producen de forma simultánea en los dos extremos de ambos músculos, produciendo lo que se ha dado en llamar contracción de desplazamiento concurrente. Este tipo de contracción es necesario durante las actividades en las que se soporta peso. Se provoca con todos los ejercicios de cadena cinética cerrada y resulta inviable con los ejercicios de aislamiento (15).

Estas contracciones de desplazamiento concurrente minimizan el momento de flexión de la rodilla. La contracción excéntrica de los isquiotibiales ayuda a neutralizar los efectos de una contracción concéntrica del cuádriceps a la hora de producir un traslado en sentido anterior de la tibia. Henning y cols. Observaron que el squat medio producía una cisión anterior en la rodilla mucho menor de la que producía un ejercicio de cadena abierta en completa extensión. Un squat completo aumenta considerablemente el momento de flexión de la rodilla y, por tanto, aumenta la cisión anterior de la tibia. Como ya hemos dicho, una leve flexión del tronco en sentido anterior aumentara el momento de flexión de la cadera y disminuirá el momento de la rodilla (15).

- Técnica: Los pies deben adoptar una posición que le de confort y estabilidad al deportista, no existe una ubicación que sirva para todos los ejecutantes por igual. La cabeza debe estar erguida, tratando que durante la realización del ejercicio la mirada del deportista en ningún momento se proyecte hacia abajo. Respecto de la parte activa y dinámica del ejercicio, debemos considerar puntos muy importantes. Ante todo, la flexión de las extremidades debe ser más lenta que su extensión. Una flexión muy veloz, como buscando un "rebote" abajo, puede perjudicar gravemente a los meniscos. Por dicha causa, el descenso debe ser controlado y medido en cuanto a su velocidad (33).

## **b) Prensa de pierna**

Teóricamente, la prensa de pierna saca partido de la cadena cinética y, al mismo tiempo, aporta estabilidad, lo que aminora la tensión de la parte inferior de la espalda. También permite realizar ejercicio con una resistencia menor a la del peso corporal e independientemente con cada pierna. Se recomienda realizar los ejercicios de prensa de pierna con una amplitud de flexión de rodilla de 0 a 60° (15).

También se recomienda la modificación de los aparatos tradicionales de prensa de pierna para permitir una extensión completa de la cadera de modo que se saque todo el partido posible a la cadena cinética. La mayoría de los aparatos de prensa de pierna están diseñados para permitir una flexión de cadera de 45° con el atleta

en posición sentada. La extensión de cadera completa solo puede realizarse en una posición supina. En esta posición pueden producirse la flexión y extensión completas de la cadera y la rodilla, reproduciendo de este modo el desplazamiento concurrente y garantizando un reclutamiento adecuado de los isquiotibiales (15).

Las placas de los pies también deben estar diseñadas para moverse trazando un arco en vez de en línea recta. Este movimiento debe facilitar el reclutamiento de los isquiotibiales, aumentando el momento de flexión de la cadera y disminuyendo el momento de la rodilla. Las placas de los pies deben estar fijas en un plano perpendicular al plano frontal de la cadera, para maximizar el momento de extensión de rodilla creado por la planta del pie (15).

- Técnica: Para realizar el ejercicio debemos emplear una máquina que funciona como su nombre lo indica, como una prensa en la cual nosotros debemos resistir el peso seleccionado y cargado previamente. Nos colocaremos con la espalda bien apoyada en el respaldo de la máquina llamada inclinada 45 grados y los pies sobre la plataforma que debemos empujar, medianamente separados entre sí. Quitamos los soportes laterales del peso y empujamos la plataforma con las piernas para dejar casi extendidas las mismas. Desde allí, inspiramos y con las rodillas desbloqueadas flexionamos las piernas hasta que los muslos lleguen lo más cercano posible de la caja torácica sin sobrepasar el ángulo de 90 grados con las piernas. Lentamente regresamos a la posición inicial sin extender por completo las rodillas y exhalamos al final del movimiento (34)

### **c) Subir peldaños**

Los aparatos que reproducen el movimiento de subir peldaños adquirieron una gran popularidad no solo como dispositivos de ejercicio de cadena cinética cerrada utilizado en la rehabilitación, sino como medio para aumentar la resistencia cardiorrespiratoria. Los aparatos que imitan el movimiento de subir peldaños tienen dos diseños básicos: el primero de ellos cuenta con series de peldaños rotatorios similares a los de las escaleras automáticas de unos grandes almacenes; el segundo utiliza dos placas de pies que se mueven arriba y abajo para simular este tipo de movimiento. En el caso del segundo tipo de aparato, a veces llamado

aparato de stepping, el pie nunca abandona la placa de pie, lo que lo convierte en un dispositivo de ejercicio de cadena cinética cerrada (15).

El movimiento de subir peldaños implica muchos de los principios biomecánicos identificados con el ejercicio de prensa de pierna. Cuando se hace ejercicio en uno de estos aparatos el cuerpo debe mantenerse erguido con solo una leve flexión del tronco, maximizando de este modo el reclutamiento de los isquiotibiales a través de contracciones de desplazamiento concurrente, al mismo tiempo que se aumenta el momento de flexión de la cadera y se aminora el momento de flexión de rodilla (15).

El ejercicio en un aparato de stepping produce un aumento de la actividad del electromiograma en el gastrocnemio, puesto que este se inserta en la cara posterior de los cóndilos femorales, el aumento de la actividad de este musculo podría producir un momento de flexión del fémur sobre la tibia. Este movimiento causaría un traslado hacia delante del fémur sobre la tibia, aumentando la tensión sobre el ligamento cruzado anterior. La excitación máxima de los cuádriceps puede contrarrestar los efectos del aumento de actividad del electromiograma en el gastrocnemio (15).

#### **d) Step-ups laterales**

Los step-ups laterales son otro ejercicio de cadena cinética cerrada ampliamente utilizado (15).

Parece ser que los step-ups laterales se utilizan más a menudo en un contexto clínico que los step-ups hacia delante. La altura del movimiento puede adaptarse a las capacidades del paciente y, por regla general, aumenta hasta unos 20 cms. Las alturas superiores a 20 cm crean un momento de flexión en la rodilla considerable. Aumentando la fuerza de cisión anterior y dificultando la cocontracción de los isquiotibiales (15).

Los step-ups laterales provocan una actividad media del electromiogramadel cuádriceps superior a la del aparato de stepping. Cuando se llevan a cabo ejercicios de step-up, se debe elevar y bajar el cuerpo en su totalidad, mientras

que con el aparato de stepping el centro de gravedad se mantiene a una altura relativamente constante. El step-up lateral puede producir un aumento de las fuerzas de cisión del musculo y la articulación en comparación con el ejercicio de stepping. El terapeuta deportivo de tomar precauciones al utilizar ejercicios de step-up en los casos en que es esencial minimizar las fuerzas de cisión anteriores. Parece ser que la contracción de los isquiotibiales no tiene la suficiente magnitud para neutralizar la fuerza de cisión producida por el cuádriceps. En situaciones en las que el objetivo consiste en reforzar el cuádriceps, se recomienda el ejercicio de step-up. No obstante, los ejercicios de stepping lateral no han conseguido aumentar la fuerza isocinética de los músculos del cuádriceps (15).

#### **e) Estiramientos terminales de la rodilla utilizando bandas elásticas**

Numerosos estudios han observado que la mayor cantidad de traslado tibial en sentido anterior se produce entre los 0 y los 30° de flexión durante el ejercicio de cadena cinética abierta. La evitación de la extensión terminal de la rodilla después de una operación quirúrgica se convirtió en una regla aceptada entre los terapeutas deportivos. Por desgracia, esta práctica condujo a la debilidad del cuádriceps, la contractura de flexión y el dolor femoropatelar (15).

Los estiramientos terminales de la rodilla de cadena cinética cerrada utilizando resistencia de bandas elásticas han creado un medio de aumentar la fuerza del estiramiento terminal de la rodilla sin peligro. La aplicación de resistencia en sentido anterior en el fémur produce una cisión anterior del mismo, lo que elimina el traslado en sentido anterior de la tibia, este tipo de ejercicio llevado a cabo en una amplitud de movimiento e 0 a 30° también minimiza el momento de flexión de rodilla, reduciendo la cisión en sentido anterior de la tibia. El uso de bandas elásticas produce una contracción excéntrica del cuádriceps cuando comienza la flexión de rodilla (15).

#### **f) Bicicleta estática**

La bicicleta estática se ha utilizado de forma habitual en la medicina deportiva, principalmente para el acondicionamiento cuando el atleta lesionado no puede

correr. No obstante, también puede ser muy útil como dispositivo de ejercicio de cadena cinética cerrada (15).

La ventaja de la bicicleta estática respecto a otros ejercicios de cadena cinética cerrada para la rehabilitación es que la cantidad de fuerza de soporte de peso ejercida por la extremidad inferior lesionada puede adaptarse a las limitaciones del paciente. La altura del asiento debe ajustarse minuciosamente para minimizar el momento de flexión de rodilla en el movimiento descendente. No obstante, si la bicicleta estática se utiliza para recuperar amplitud de movimiento en la flexión, habrá que ajustar la altura del asiento a una posición inferior utilizando el movimiento pasivo de la extremidad lesionada. Los estribos facilitarán las contracciones de los isquiotibiales en el movimiento ascendente (15).

### **3.5 Ultrasonido terapéutico**

Los ultrasonidos son ondas mecánicas del mismo tipo que las del sonido, pero con frecuencias mayores a 16.000 Hz, lo que los hace inaudibles para el oído humano.

Los más utilizados en rehabilitación poseen una frecuencia superior a 0.5 megahercios (MHz). Pueden oscilar entre 0.5 y 3 MHz para uso terapéutico (35).

Para poder penetrar en los tejidos corporales se requiere una sustancia de acoplamiento, usualmente aceite mineral o glicerina líquida (35).

#### **3.5.1 Mecanismo de acción**

##### **a) Acción térmica**

La energía de los ultrasonidos absorbida por los tejidos, atravesados por el haz térmico termina transformándose en calor y aumentando la temperatura de la zona tratada. Las moléculas de los tejidos se someten a vibraciones de elevada frecuencia y, a consecuencia de rozamiento, la energía mecánica adquirida por las moléculas acaba transformándose en calor (35)

## **b) Acción mecánica**

La vibración acústica produce ondas de presión en los tejidos. De esta manera se ven sometidos a unos movimientos rítmicos alternativos de presión y tracción, que producen una especie de micromasaje celular, con modificaciones de la permeabilidad y mejora de los procesos de difusión (35).

## **c) Acción química**

Junto con las acciones anteriores, puede observarse una mayor facilidad para la difusión de sustancias. Los ultrasonidos hacen penetrar agua en coloides y pueden transformar geles en soles (35).

### **3.5.2 Efectos fisiológicos**

- Vasodilatación de la zona
- Aumento del flujo sanguíneo
- Incremento del metabolismo tisular
- Incremento de la flexibilidad de los tejidos, ricos en colágeno, con disminución de la rigidez articular y de la contractura
- Efecto analgésico y espasmolítico (35)

### **3.5.3 Indicaciones médicas**

- Dolores articulares (artritis, osteoartritis)
- Mialgias
- Tendinopatías
- Espasmos musculares
- Epicondilitis
- Epitrocleitis
- Periartritis escapulo humeral
- Hombro congelado
- Puntos “gatillo” del síndrome miofascial
- Distrofia simpática refleja

- Por su acción fibrinolítica son útiles en las cicatrices retractiles y en los primeros estadios de la enfermedad de Dupuytren. También se utilizan para liberar adherencias posoperatorias (35).

#### **3.5.4 Contraindicaciones**

- Cuadros inflamatorios agudos, ya que pueden provocar una exacerbación de los síntomas (dolor, edema)
- Presencia de marcapasos
- Pacientes con laminectomía, por que el tejido óseo que protege la medula se ha extirpado lo que la expone a la energía de los ultrasonidos
- Hernias discales, ya que pueden empeorar el edema periarticular
- Zonas tumorales
- Áreas de insuficiencia vascular, ya que la irrigación sanguínea puede ser insuficiente, en relación con la demanda metabólica
- En la proximidad de los cartílagos de crecimiento del fémur, tibia y peroné
- Útero grávido
- Áreas cercanas al ojo
- Prótesis articulares cementadas, ya que pueden producir posible aflojamiento de metilmetacrilato (35)

El ultrasonido térmico puede aplicarse en pacientes con implantes metálicos ya que no aumenta en exceso la temperatura de los tejidos blandos, aunque debe usarse en dosis bajas y de manera pulsátil (35).



## **4. POBLACIÓN Y MÉTODOS**

### **4.1 Tipo y diseño de la investigación**

Estudio descriptivo transversal

### **4.2 Unidad de estudio**

- Unidad primaria de muestreo: Futbolistas pertenecientes al Club Social y Deportivo Municipal
- Unidad de análisis: Datos clínicos y terapéuticos registrados en el instrumento diseñado para el efecto. Respuestas obtenidas por el burpee test, el test de sentadilla y el test de flexibilidad general
- Unidad de información: Futbolistas pertenecientes al Club Social y Deportivo Municipal que recibieron atención médica

### **4.3 Población y muestra**

- Población o universo: 120 futbolistas pertenecientes al Club Social y Deportivo Municipal, incluyendo todas las edades y categorías, inscritos en el club del 1 de julio de 2014 al 1 de julio de 2015
- Marco muestral: Lista de futbolistas pertenecientes al Club Social y Deportivo Municipal que entrenaron en el estadio Manuel Felipe Carrera "El Trébol" o en el complejo deportivo Ernesto Villa Alfonso
- Muestra: Muestreo no probabilístico, por conveniencia. Se incluyeron 20 futbolistas profesionales que fueron tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada por lesión del miembro inferior y 20 futbolistas que fueron tratados con ultrasonido terapéutico por lesión del miembro inferior

### **4.4 Selección de los sujetos a estudio**

Se incluyó a futbolistas que culminaron tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y futbolistas que culminaron tratamiento con ultrasonido terapéutico y que al momento del estudio no presentaran síntomas.

Se excluyó a futbolistas que al momento del estudio presentaran lesión que les impidiera moverse, futbolistas con lesiones craneoencefálicas ni futbolistas que presentaran lesión que no fuese del miembro inferior

#### 4.5 Medición De Variables

4.5.1 Variable	4.5.2 Definición conceptual	4.5.3 Definición operacional	4.5.4 Tipo de Variable	4.5.5 Escala de Medición	4.5.6 Criterios de clasificación
Beneficios de los ejercicios de cadena cinética cerrada en cuanto a la fuerza de los músculos del miembro inferior	Mejora que experimenta el atleta en su capacidad física para realizar un trabajo o un movimiento luego de haber sido sometido a ejercicios de cadena cinética cerrada.	Porcentaje ideal evaluado con el test de sentadilla	Cuantitativa	Continua	Porcentaje del 1RM, 30% - 60%
Beneficios de los ejercicios de cadena cinética cerrada en cuanto a la flexibilidad de las articulaciones del miembro inferior	Mejora que experimenta el atleta en su capacidad para adaptarse con facilidad a las diversas circunstancias o para acomodar las normas a las distintas situaciones o necesidades luego de haber sido sometido a ejercicios de cadena	Resultados del test de flexibilidad general en las categorías excelente y bueno	Cualitativa	Ordinal	Excelente, más del 30% Bueno, de 21% al 30% Regular, de 11% al 20% Deficiente, 0% al 20%

Beneficios de los ejercicios de cadena cinética cerrada en cuanto a la resistencia física del paciente	Mejora que experimenta el atleta en su capacidad física que le permite llevar a cabo una dedicación o esfuerzo durante el mayor tiempo posible luego de haber sido sometido a ejercicios de cadena cinética cerrada	Resultados del burpee test en las categorías elite, excelente, buen dato y normal	Cualitativa	Ordinal	Resistencia de élite, más de 60 burpees Excelente, 50-60 burpees Bueno, 40-50 burpees Normal, 30-40 burpees Mala marca, menos de 30 burpees
--	---	---	-------------	---------	---

#### **4.6 Técnicas, procesos e instrumentos a utilizar en la recolección de datos**

- Se realizaron consultas en los registros clínicos de los atletas para conocer el tipo de lesión por el cual fue tratado
- Se dividieron a los participantes en dos grupos, 20 atletas que fueron tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada y 20 atletas que fueron tratados con ultrasonido terapéutico
- Para valorar la fuerza se utilizó el test de sentadilla
- Para realizar el test de sentadilla, el atleta se encontró con una barra olímpica sobre sus hombros, realizó 10 sentadillas con el peso de la barra (20.45 kg) y luego 10 sentadillas más con 9 kg agregados a la barra para calentamiento. Se utilizó 22.72 kg más el peso de la barra y a la señal el atleta realizó la mayor cantidad de sentadillas hasta la fatiga. Con este dato se estimó el 1RM y el tanto por ciento del 1RM y este dato se comparó con el rango óptimo al que debe ubicarse el atleta.
- Para valorar el grado de resistencia de los pacientes se utilizó el burpee test, el cual mide la capacidad de resistencia anaeróbica del sujeto, con el cual además contamos con un cronometro
- Para realizar el burpee test, el atleta se encontró parado. A la señal, el atleta realizó una flexión de piernas hasta tocar, con las manos, el suelo a ambos lados de la cadera. Luego trasladó el peso de su cuerpo a las manos, manteniendo los brazos extendidos y realizando una extensión del tronco y miembro inferior hacia atrás hasta el apoyo de los pies por las punteras. Luego volvió a la posición anterior. Por último se puso de pie. el atleta realizó este ejercicio la mayor cantidad de repeticiones en un minuto y según el valor se comparó con la escala correspondiente
- Se utilizó además la escala de flexibilidad general para valorar el grado de flexibilidad de cada uno de los pacientes
- Para realizar el test de flexibilidad general el atleta se encontró sentado en una superficie plana con las rodillas totalmente extendidas y con una cinta métrica a la distancia de sus talones. A la señal se realizó una flexión de hombros, tronco y caderas con las manos unidas. Cuando se llegó al punto donde no se puede flexionar más, el paciente se detuvo y el investigador midió con una escuadra sobre una cinta métrica la distancia máxima alcanzada. Se realizaron tres

intentos y se tomó el mejor resultado de ellos. se obtuvo el porcentaje de la mejora con la prueba inicial y se comparó el resultado con la escala correspondiente

#### 4.7 Procesamiento y análisis de datos

Se realizó una base de datos en Microsoft Excel, dentro de la cual todos los datos fueron agrupados en:

Datos generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre</li> <li>• Edad</li> <li>• Categoría a la que pertenecen</li> <li>• Ultima lesión de miembro inferior tratada</li> <li>• Sitio anatómico de la lesión</li> <li>• Tratamiento recibido</li> <li>• Hace cuanto tiempo culminó tratamiento</li> </ul>
Test de fuerza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga total levantada (en kg)</li> <li>• Repeticiones realizadas</li> <li>• 1RM</li> <li>• %1RM</li> </ul>
Test de burpee	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad total de burpees realizadas en 1 minuto</li> <li>• categorización</li> </ul>
Test de flexibilidad general	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba inicial</li> <li>• Prueba intermedia</li> <li>• % mejoría prueba inicial – prueba intermedia</li> <li>• Prueba final</li> <li>• % mejoría prueba inicial – prueba final</li> <li>• Categorización</li> </ul>

Se elaboró la tabla número 1 para los datos generales, donde se muestra un promedio de edad de los participantes, la frecuencia y el porcentaje de las categorías de los participantes, la frecuencia y el porcentaje de la región lesionada

del miembro inferior y un promedio del tiempo transcurrido desde el tratamiento. El resultado de los test de sentadilla, del test de burpee y de flexibilidad general se analizó con frecuencias y porcentajes, comparando los porcentajes de quienes realizaron ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico

#### **4.8 Hipótesis**

Los atletas que han sido sometidos a ejercicios de cadena cinética cerrada presentarán más beneficios en la resistencia, fuerza y flexibilidad del miembro inferior que los que fueron tratados con ultrasonido terapéutico.

#### **4.9 Límites de la investigación**

##### **4.9.1 Obstáculos**

Se consideró en primera instancia que uno de los obstáculos que nos dificultaría en gran medida realizar el estudio sería la autorización por parte de las autoridades encargadas del Club Social y Deportivo Municipal, sin embargo, esto ya no representa un impedimento ya que gracias a la autorización por parte del Lic. Selvin Ponciano el estudio pudo llevarse a cabo dentro de las instalaciones.

Uno de los obstáculos a la hora de realizar el estudio fue la falta de disposición por parte de los atletas por querer ser parte del estudio

Como límites de la investigación, están el haber trabajado con una muestra por conveniencia y no contar con el dato del tipo de lesión específica que sufrió el futbolista y el que haya tenido o no tratamiento quirúrgico.

##### **4.9.2 Alcances**

Este estudio se realizó en futbolistas del Club Social y Deportivo Municipal dentro de las instalaciones del estadio Manuel Felipe Carrera “El Trébol” y el complejo deportivo Ernesto Villa Alfonso. Se intentó responder si existían beneficios para mejorar la fuerza, resistencia física y flexibilidad del miembro inferior en futbolistas profesionales que hayan sufrido lesiones deportivas en el miembro inferior después de recibir tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y

ultrasonido terapéutico. Se comparó ambos grupos utilizando estadística descriptiva

#### **4.10 Aspectos éticos de la investigación**

Se solicitó a cada uno de los participantes firmar un consentimiento informado en donde se detalló lo que se realizaría en el estudio, para qué fines se utilizarían los datos del estudio, la razón por la cual se decidió realizar este estudio, las pruebas a las que serían sometidos y que su participación sería totalmente voluntaria.

Para realizar las pruebas, se solicitó que los participantes contaran con vestimenta deportiva y calzado adecuado. En el test de sentadilla se les enseñó la técnica correcta y el investigador se colocó detrás de cada participante para mantener la seguridad en cada una de las repeticiones y evitar accidentes.

En el test de burpee se les enseñó la técnica correcta y luego se colocaron 3 participantes simultáneamente separados a 1 metro de distancia

En el test de flexibilidad general se solicitó que se quitaran el calzado y cada uno de los participantes realizó la prueba uno por uno. En esta prueba no se necesitaron mayores medidas de seguridad.

Se tomó en consideración la región anatómica por la cual el atleta fue tratado y de esa manera se pudo ser justo con cada uno de ellos al realizar las pruebas requeridas para el estudio

Debido a que los atletas fueron sometidos a pruebas físicas para evaluar su condición, el estudio se clasifica con una categoría de riesgo II

## 5. RESULTADOS

En este estudio, realizado en el estadio Manuel Felipe Carrera “El Trébol” y en el complejo Ernesto Villa Alfonso, se incluyeron a futbolistas profesionales de todas las categorías, quienes tuvieron alguna lesión de miembro inferior y fueron tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada o ultrasonido terapéutico. Se realizaron verificaciones a sus registros clínicos y se utilizaron pruebas de aptitudes físicas, incluidos el test de sentadilla, el test de burpee y el test de flexibilidad general.

**TABLA 1**

**Porcentajes de los sitios del miembro inferior más frecuentemente afectados por lesiones a futbolistas del Club Social y Deportivo Municipal. Guatemala, junio 2015**

DATOS GENERALES		EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA	ULTRASONIDO TERAPÉUTICO
Edad promedio (en años)		19.5	19.05
Categoría a la que pertenecen	Mayor	7 (35%)	3 (15%)
	Especial	0 (0%)	1 (5%)
	Segunda división	1 (5%)	6 (30%)
	Sub 20	8 (40%)	2 (10%)
	Sub 17	1 (5 %)	7 (35%)
	Sub 15	3 (15%)	1 (5%)
TOTAL		20 (100%)	20 (100%)
Región lesionada miembro inferior	Rodilla	10 (50%)	4 (20%)
	Muslo	7 (35%)	5 (25%)
	Tobillo	2 (10%)	2 (10%)
	Pie	1 (5 %)	4 (20%)
	Pierna	0 (0%)	5 (25%)
TOTAL		20 (100%)	20 (100%)
Tiempo promedio transcurrido desde el tratamiento (en meses)		3.77	3.92

**TABLA 2**

**Valor de porcentaje del 1RM en la prueba de sentadilla aplicada a futbolistas del Club Social y Deportivo Municipal tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico. Guatemala, junio 2015**

<b>% 1RM</b>	<b>EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA</b>	<b>ULTRASONIDO TERAPÉUTICO</b>
<30%	3 (15%)	5 (25%)
<b>30% - 60%</b>	6 (30%)	9 (45%)
>60%	11 (55%)	6 (30%)
TOTAL	20 (100%)	20 (100%)

**TABLA 3**

**Categorización de resultados de futbolistas tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico que realizaron el test de burpee. Club Social y Deportivo Municipal. Guatemala, junio 2015**

<b>CATEGORIZACIÓN</b>	<b>EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA</b>	<b>ULTRASONIDO TERAPÉUTICO</b>
Mala	18 (90%)	19 (95%)
Normal	2 (10%)	1 (5%)
<b>Bueno</b>	0 (0%)	0 (0%)
<b>Excelente</b>	0 (0%)	0 (0%)
<b>De élite</b>	0 (0%)	0 (0%)
TOTAL	20 (100%)	20 (100%)

**TABLA 4**

**Categorización de resultados de futbolistas tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico que realizaron el test de flexibilidad general. Club Social y Deportivo Municipal. Guatemala, junio 2015**

<b>CATEGORIZACIÓN</b>	<b>EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA</b>	<b>ULTRASONIDO TERAPÉUTICO</b>
Deficiente	3 (15%)	4 (20%)
Regular	2 (10%)	1 (5%)
<b>Bueno</b>	2 (10%)	2 (10%)
<b>Excelente</b>	13 (65%)	13 (65%)
TOTAL	20 (100%)	20 (100%)



## 6. DISCUSIÓN

Según Moreno C, Rodríguez V, Seco J, las lesiones deportivas afectan con mayor frecuencia a las extremidades inferiores, siendo las articulaciones del tobillo y la rodilla las más involucradas. Dentro de las extremidades inferiores, la localización en la articulación de la rodilla ha sido ligeramente más frecuente, que en el tobillo, seguidas del muslo, el pie, y con un porcentaje inferior, la pierna. Entre los 15 y los 25 años se produce la mayor incidencia de lesiones en la mayoría de los deportes. En una revisión de 3.202 lesiones realizada, la edad media fue de 19,5 años, con unos extremos de 8 y 70 años; sin embargo, la edad en que más lesiones encontraron fue 17 años (3)

Queda demostrado en la presente investigación que dentro del grupo de deportistas estudiados, la localización de las extremidades inferiores que más se ve afectada por lesiones es la rodilla, siguiéndole el muslo, la pierna, el pie y por último el tobillo, lo cual difiere del estudio realizado por Moreno C, Rodríguez V, Seco J. Las edades de quienes recibieron tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico fueron similares oscilando entre los 15 y 20 años; el tiempo de recuperación después del tratamiento fue similar de casi 4 meses en ambos grupos de tratamiento.

En los últimos años, han venido cambiando las tendencias en cuanto a la rehabilitación de los pacientes que presentan algún tipo de lesión de miembro inferior, mencionando por ejemplo la lesión de ligamento cruzado anterior la cual, con los avances tecnológicos, ha permitido cambiar la filosofía de la rehabilitación. Sin embargo la literatura respalda los programas de rehabilitación que involucran el uso extensivo de ejercicios de cadena cinética cerrada. La popularidad de los ejercicios de cadena cinética cerrada puede atribuirse a una mejor comprensión de la cinesiología y la biomecánica implicada en la rehabilitación de las lesiones del miembro inferior (15)

El uso de los ejercicios de cadena cinética cerrada forma una parte fundamental dentro de los protocolos de rehabilitación en pacientes con lesiones de miembro inferior, los cuales actualmente se continúan utilizando principalmente dentro del ámbito de la medicina deportiva.

Los sujetos que fueron tratados con ultrasonido terapéutico presentaron mejores resultados en cuanto al 1RM y al porcentaje del 1RM conllevado a que además de recibir tratamiento con ultrasonido terapéutico, los futbolistas necesitaron llevar un protocolo de rehabilitación que involucró ejercicios de cadena cinética cerrada, lo cual ayudó en menor porcentaje al desarrollo de la fuerza del miembro inferior.

El uso de los ejercicios de aumento de fuerza de cadena cinética cerrada en la rehabilitación de las extremidades inferiores tiene otra ventaja importante. La mayoría de las actividades de la vida diaria, como andar, subir, ponerse en pie, así como la mayor parte de las actividades deportivas, implican un sistema de cadena cinética cerrada. Puesto que el pie suele estar en contacto con el suelo, las actividades que hacen uso de este sistema cerrado son más funcionales. Se puede constatar que los ejercicios de cadena cinética cerrada son más específicos para las actividades deportivas, ya que implican ejercicios muy semejantes a los de la actividad deseada. En un contexto de medicina deportiva, hay que hacer hincapié en la especificidad del entrenamiento para facilitar la transición a las actividades funcionales en el campo de juego. Los ejercicios de cadena cinética cerrada facilitan la transición a actividades deportivas (15, 30). Con el uso del ultrasonido terapéutico se obtienen algunos efectos que ayudan en el tratamiento de lesiones, entre estos efectos tenemos: aumento del flujo sanguíneo, incremento del metabolismo tisular e incremento en la flexibilidad de los tejidos con disminución de la rigidez articular y de la contractura (35)

La resistencia física se va incrementando a través del entrenamiento apropiado. Esto se evidencia con los resultados del test de resistencia en el que solamente un mínimo porcentaje alcanzó la categoría de resistencia normal y ninguno de los futbolistas evaluados logró clasificar en la categoría de bueno, excelente o de elite, por lo que ninguna terapia mejorará los resultados de resistencia física si no hay una base previa de entrenamiento que incremente la resistencia en el terreno de juego.

No se evidenció diferencia en los porcentajes de beneficio para mejorar la flexibilidad y la fuerza después del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico. El ultrasonido terapéutico mostró mayor beneficio para mejorar la fuerza física del miembro inferior en futbolistas que sufrieron lesiones deportivas.

En el presente trabajo se le ha prestado atención a los beneficios que obtienen los atletas en cuanto a la flexibilidad del miembro inferior, mismo que constituye un aspecto de suma importancia en el desarrollo de sus actividades deportivas. Se deja en evidencia que tanto el uso de los ejercicios de cadena cinética cerrada como del ultrasonido terapéutico son útiles en el desarrollo de la flexibilidad general del miembro inferior.

Se evidencia en este estudio que el uso de los ejercicios de cadena cinética cerrada y el uso del ultrasonido terapéutico para obtener beneficios en cuanto a la fuerza y la flexibilidad general del miembro inferior es idónea pero no lo es en cuanto a obtener beneficios sobre la resistencia física del atleta.



## 7. CONCLUSIONES

- En los futbolistas de alto rendimiento que pertenecen al Club Social y Deportivo Municipal, se encontró que la rodilla es la región anatómica mayormente afectada en lesiones deportivas.
- Las edades de los futbolistas y el tiempo de recuperación transcurrido después de recibir el tratamiento son similares entre quienes recibieron tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico.
- El ultrasonido terapéutico brindó mayores beneficios para mejorar la fuerza del miembro inferior en la población estudiada.
- El nivel de resistencia física es malo entre los futbolistas incluidos en el estudio. No hubo beneficios para mejorar la resistencia física con ninguno de los dos tratamientos.
- Los beneficios para mejorar la flexibilidad fueron iguales después del tratamiento con ejercicios de cadena cinética cerrada y ultrasonido terapéutico.



## **8. RECOMENDACIONES**

### **8.1 Al Club Social y Deportivo Municipal:**

- No se puede evitar que los atletas lleguen a presentar lesiones localizadas a nivel de las rodillas, sin embargo es necesario que se apliquen programas de rehabilitación y fortalecimiento que sean específicos para el área de la rodilla.
- Realizar un buen protocolo de tratamiento con el fin de evitar recaídas por las lesiones presentadas.
- Los ejercicios de cadena cinética cerrada dan buenos resultados en cuanto a mejorar la fuerza del miembro inferior ya que permiten el soporte de peso, además el ultrasonido terapéutico también presenta buenos resultados en este aspecto, por tanto se recomienda utilizar ambos tratamientos para obtener resultados más favorables en el tratamiento de lesiones del miembro inferior; además, que se aplique la técnica del ultrasonido terapéutico para incrementar la flexibilidad de los tejidos conjuntamente con los ejercicios de cadena cinética cerrada para adaptarse a la actividad deportiva, esto con el fin de obtener beneficios en cuanto a la flexibilidad de los atletas.
- Que se utilicen programas específicos que permitan mejorar la resistencia física de los atletas.
- Que se involucre maquinaria de gimnasio moderna y más sofisticada que permita al atleta tener mejores resultados en su rendimiento deportivo.

### **8.2 A la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala:**

- Promover investigaciones en medicina física y del deporte para que los resultados de las mismas ayuden a las autoridades de los equipos deportivos a tomar decisiones informadas que mejoren el desempeño de los deportistas.



## **9. APORTES**

Esta investigación proporciona una descripción de los beneficios que se obtienen con el uso de ejercicios de cadena cinética cerrada y de ultrasonido terapéutico en futbolistas de alto rendimiento. Por lo cual servirá como fuente de información para el personal médico y administrativo del Club Social y Deportivo Municipal, pues les ayudará a la implementación de estrategias que ayuden al desarrollo del futbolista en todos sus aspectos.

Actualmente en Guatemala no se dispone de mucha información que involucre a futbolistas de alto rendimiento, por lo cual este estudio servirá como una fuente de información para futuras investigaciones.



## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Perez J. Las lesiones en el deporte. RevCubMedDep. [en línea] 2010 [citado 6 Mayo 2015]; 5(1): 3 Disponible en: <http://www.imd.inder.cu/adjuntos/article/180/Las%20Lesiones%20en%20el%20Deporte.pdf>
2. Ortín F, Garcés E, Olmedilla A. *Influencia de los factores psicológicos en las lesiones deportivas*. Dialnet. [en línea] 2010 [citado 6 Mayo 2015]; 31(3): 281 Disponible en: <http://www.papelesdel psicologo.es/pdf/1857.pdf>
3. Moreno C, Rodríguez V, Seco J. *Epidemiología de las lesiones deportivas*. Fisioterapia. [en línea] 2015 [citado 6 Mayo 2015]; 30(1): [Aprox 5 pant] Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-fisioterapia-146/articulo-epidemiologia-las-lesiones-deportivas-13115974>
4. Mazariegos G. *Complejo deportivo Patulul, Suchitepequez*. [en línea] [tesis Arquitecta] Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura; 2007. [citado 6 Mayo 2015] Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_1716.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_1716.pdf)
5. Padilla D. *Adiós al mejor delantero de la historia*. Marca [en línea] 4 Feb 2011 [citado 6 Mayo 2015]. Futbol Internacional: [aprox 1 pant.] Disponible en: [http://www.marca.com/2011/02/14/futbol/futbol\\_internacional/1297671343.html](http://www.marca.com/2011/02/14/futbol/futbol_internacional/1297671343.html)
6. Combalia A, Alemany F. *lesiones derivadas de la práctica deportiva* [en línea] Bilbao: Nerea; 2007. [citado 6 Mayo 2015] Disponible en: [http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/salud/tlfb\\_librosalud\\_ficha\\_56.html](http://www.fbbva.es/TLFU/microsites/salud/tlfb_librosalud_ficha_56.html)
7. FUNDACION MAPFRE. *Estudio epidemiológico de las lesiones en el deporte de ocio* [en línea] Madrid: La Fundación; 2013. [citado 6 Mayo 2015]. Disponible en: [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/imagen.cmd?path=1073623&posicion=1](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen.cmd?path=1073623&posicion=1)

8. Carámbula P. *Factores de riesgo para las lesiones del deporte* [en línea] [S.I.]: SANAR; 2013. [citado 6 Mayo 2015] Disponible en: <http://www.sanar.org/deportes/factores-de-riesgo-lesiones-del-deporte>
9. Prieto J. *Las lesiones deportivas* [en línea] [S.I.]: foroatletismo.com; 2013. [citado 6 Mayo 2015] Disponible en: <http://www.foroatletismo.com/lesiones/las-lesiones-deportivas/>
10. Gómez P. *Terapia activa: tratamiento en fisioterapia a través del ejercicio terapéutico y físico. Parte I* [en línea] Madrid: premium; 2014. [citado 6 Mayo 2015] Disponible en: <http://www.rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/patricia-gomez/terapia-activa-tratamiento-en-fisioterapia-trav%C3%A9s-del-ejercicio-terap%C3%A9utico-y-f%C3%AD>
11. Wikipedia.com. Fútbol [en línea] California: Wikipedia.com; 2015 [citado 25 Jul 2015] Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%BAtbol&oldid=83002721>.
12. Garret W, Kirkendall D, Contiguglia S. *Medicina del futbol*. Badalona:Editorial Paidotribo; 2005.
13. Yáñez R. *Lesiones de rodillas más comunes en futbol* [Blog en línea] ColoColo; Chile: Yáñez Roberto. 14 Dic 2011. [citado 25 Jul 15]. Disponible en: <http://www.meds.cl/lesiones-y-enfermedades/articulo/lesiones-de-rodilla-mas-comunes-en-futbol>
14. Barh R. *Lesiones deportivas, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación*. 6 ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004.
15. Prentice WE. *Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva*. 3 ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2001.
16. Moore KL, Dalley II AF. *Anatomía con orientación clínica*. 5 ed Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.

17. Rouvière H, Delmas A. *Anatomía humana*. 11 ed. Barcelona: Editorial Elsevier;2005.
18. Voegeli V. *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor*. Barcelona: Editorial Springer; 2000.
19. Sherry E, Wilson SF. *Manual Oxford de Medicina Deportiva*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2002.
20. Horn HG, Steinmann HJ. *Entrenamiento médico en rehabilitación*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2005.
21. Loarca Y. Prevención y tratamiento fisioterapéutico en lesiones con deportistas que practican aeróbicos [en línea] [tesis Fisioterapista] Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la salud; 2012. [citado 6 Mar 2015]. Disponible en: [bibli9o3.url.edu.gt/tesario/2014/09/01/Loarca-Yakelyn.pdf](http://bibli9o3.url.edu.gt/tesario/2014/09/01/Loarca-Yakelyn.pdf)
22. Tlatempa P, Pérez G. Lesiones deportivas más comunes. [en línea] México: UAEMEX; 2005. [citado 6 Mar 2015]. Disponible en: [www.uaemex.mx/universiada2005/notas/lesiones\\_mas\\_comunes\\_en\\_los\\_deportistas290405.pdf](http://www.uaemex.mx/universiada2005/notas/lesiones_mas_comunes_en_los_deportistas290405.pdf)
23. Hernández P YH, García G JM. *Efectos de un entrenamiento de fuerza en futbolistas juveniles españoles, con la carga donde manifiestan el mejor valor de potencia en el ejercicio de salto cargado*. Rev.Ib.CC. Act. Fis. Dep [en línea] 2014 [citado 25 Feb 2015]; 3 (2): 9-17. Disponible en: [http://www.riccafd.uma.es/DOCUMENTOS/articulos/VOL003/n2/EfectosFuerzaFutbol\\_Hernandez.pdf](http://www.riccafd.uma.es/DOCUMENTOS/articulos/VOL003/n2/EfectosFuerzaFutbol_Hernandez.pdf)
24. Emilio ML. *Pruebas de Aptitud Física*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2002.
25. González JJ, Ribas J. *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: Editorial INDE; 2002.
26. Garcia C. *Fundamentos Teóricos de las capacidades físicas*. Madrid: Editorial Visión Libros; 2009.

27. Ruiz AJ, Perelló I, Caus N, Ruiz FC. *Educación física*. Madrid: Editorial Mad; 2003.
28. Centro Nacional de Innovación Tecnológica. *Prueba de flexibilidad general*. [en línea] Caracas: CENIT; 2012 [citado 20 Feb 2015] Disponible en: <http://www.rena.edu.ve/SegundaEtapa/deporte/pruebaflexi.html>
29. Kisner C, Colby LA. *Ejercicio terapéutico*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2005.
30. Ramírez S, Sales L. *Evaluaciones quinésicas funcionales de miembros inferiores en futbolistas [en línea] [tesis de Kinesiología y Fisiatría]*. Rosario: Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud; 2007 [citado 18 Feb 2015] Disponible en <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC072125.pdf>
31. De diego M. *Cadenas cinéticas abiertas vs. Cerradas: efectos sobre el rendimiento*. [Blog en línea]. Gales: Manuel de Diego Moreno; 2015. [citado 19 Feb 2015] Disponible en: <http://physicaltrainingsport.com/es/blog/cadenas-cineticas-abiertas-vs-cerradas-efectos-sobre-el-rendimiento>
32. Bynum EB, Barrack RL, Alexander AH. *Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study*. *Am. J. Sports Med.* [en línea]. 1995. [citado 18 Feb 2015]; 23(4): [aprox. 1 pant.]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7573647>
33. Lavorato MA, Pereira N V. *La sentadilla ¿es un ejercicio potencialmente lesivo?* [en línea] Argentina: productosfortia.com; 2011 [citado 19 Feb 2015] Disponible en: <http://www.productosfortia.com/la-sentadilla-es-un-ejercicio-potencialmente-lesivo.pdf>
34. Gottau G. *Guía para principiantes (XXV): Prensa de piernas inclinada*. [en línea] Madrid: vitonica.com; 2011. [citado 19 Feb 2015] Disponible en: <http://www.vitonica.com/musculacion/guia-para-principiantes-xxv-prensa-de-piernas-inclinada>

35. Gil V. Fundamentos de medicina de rehabilitación. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica; 2007.







## Consentimiento informado

Parte 1: Hoja de información a pacientes.

Yo como estudiante del séptimo año de la carrera de Médico y Cirujano de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Me encuentro investigando sobre las lesiones del miembro inferior en atletas de alto rendimiento, en el cual estos padecimientos afectan particularmente a muchas personas como usted. Le vamos a dar información e invitarlo a participar en nuestro estudio. No tiene que decidir hoy si quiere participar. Antes de decidirse, puede hablar con alguien con quien se sienta cómodo sobre la investigación. Por favor, deténganos según le informamos para darnos tiempo para explicarle. Si tiene preguntas más tarde, puede hacérselas cuando crea más conveniente.

Las lesiones del miembro inferior son padecimientos que ocurren muy frecuentemente dentro de la práctica deportiva y que han conllevado a muchos atletas de alto rendimiento a periodos prolongados de tratamiento, inclusive los ha llevado al retiro de sus profesiones. Las lesiones del miembro inferior provocadas por la práctica deportiva son patologías que ocurren en cualquier persona que practique deporte, sin importar el género, la raza, la edad o la religión entre otras. Cuando un atleta de alto rendimiento, principalmente un futbolista profesional tiene alguna lesión, puede ser tratado con distintos métodos de rehabilitación, entre estos se encuentran los ejercicios de cadena cinética cerrada, que incluyen el mini squat, la bicicleta estática y el step up, por tanto con esta investigación se busca evaluar los beneficios que tienen los ejercicios de cadena cinética cerrada sobre el rendimiento del atleta

Estoy invitando para este estudio a futbolistas pertenecientes al Club Social y Deportivo Municipal, que hayan presentado alguna lesión del miembro inferior y que hayan sido tratados con ejercicios de cadena cinética cerrada

Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Usted puede elegir participar o no hacerlo. Tanto si elige participar como si no, continuarán todos los servicios que reciba en esta institución (o clínica) y nada variará. Usted puede cambiar de idea más tarde y dejar de participar aún cuando haya aceptado antes.

El procedimiento que se llevará a cabo en su persona es el siguiente:

Se hará una revisión a su expediente clínico para determinar el tipo de lesión por la cual fue tratado

Se le solicitará que realice diversos test, los cuales se le enseñaran previamente, con lo cual se evaluara la capacidad de resistencia, flexibilidad y fuerza del miembro inferior. Cualquier tipo de duda será aclarada

## Parte II: Formulario de Consentimiento

He sido invitado (a) a participar en la investigación “beneficios de los ejercicios de cadena cinética cerrada en atletas de alto rendimiento”. Entiendo que seré sometido a realizar diversas pruebas para determinar mis capacidades físicas. He sido informado (a) que los riesgos son mínimos. Sé que es posible que haya beneficios para mi persona y para la institución si se obtienen resultados favorables. Se me ha proporcionado el nombre y dirección de un investigador que puede ser fácilmente contactado

He leído y comprendido la información proporcionada o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se he contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado. Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera a mi cuidado (médico). Nombre del participante

Nombre del participante \_\_\_\_\_

Firma del participante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_