



**UNIVERSIDAD  
PANAMERICANA**

*"Sabiduría ante todo; adquiere sabiduría"*

Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud

Licenciatura en Fisioterapia

**Importancia de la atención fisioterapéutica  
integral a karatecas que experimentan lesiones  
del ligamento cruzado anterior de la rodilla**

(Tesis)

Milvia Ninneth Ovalle Letona

Guatemala, septiembre 2020

**Importancia de la atención fisioterapéutica  
integral a karatecas que experimentan lesiones  
del ligamento cruzado anterior de la rodilla**  
(Tesis)

Milvia Ninneth Ovalle Letona

Guatemala, septiembre 2020

**Autoridades de la Universidad Panamericana**

**M.Th. Mynor Augusto Herrera Lemus**  
**Rector**

**Dra. Alba Aracelly Rodríguez Bracamonte de González**  
**Vicerrectora Académica**

**M.A. César Augusto Custodio Cobar**  
**Vicerrector Administrativo**

**EMBA Adolfo Noguera Bosque**  
**Secretario General**

**Autoridades de la Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud**

**Dr. Roberto Antonio Orozco Mejía**  
**Decano**

# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CARTA DE APROBACIÓN DE TEMA

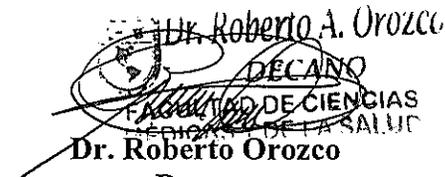
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD**

**ASUNTO: Ovalle Letona Milvia Ninneth**  
Estudiante de la **Licenciatura en Fisioterapia** de esta Facultad solicita autorización para realizar su **TESIS** para completar requisitos de graduación

DICTAMEN: Guatemala doce de julio 2,019.

Después de haber estudiado el anteproyecto presentado a esta Decanatura para cumplir requisitos de egreso que es requerido para obtener el grado a nivel de **Licenciatura en Fisioterapia**, se resuelve:

1. La solicitud hecha para realizar el Trabajo de Tesis esta enmarcado dentro de los conceptos requeridos para egreso, según el reglamento académico de esta universidad.
2. Por lo antes expuesto, el estudiante **Ovalle Letona Milvia Ninneth** recibe la aprobación para realizar su Trabajo de Tesis.

  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
MÉDICAS Y DE LA SALUD  
**Dr. Roberto Orozco**  
Decano

**Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud**

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD**

*Guatemala, uno de septiembre de dos mil veinte.*

En virtud de que la tesis con el tema: **“IMPORTANCIA DE LA ATENCION FISIOTERAPEUTICA INTEGRAL A KARATECAS QUE EXPERIMENTAN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE LA RODILLA”**, presentada por la estudiante: Milvia Ninneth Ovalle Letona, previo a optar al grado de Licenciada en Fisioterapia, cumple con los requisitos técnicos y de contenido establecidos por la Universidad, se extiende el presente dictamen favorable para que continúe con el proceso correspondiente.



**M.A. María Soberanis Reyes**  
**Asesora**

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS Y DE LA SALUD**

*Guatemala, cinco de septiembre de dos mil veinte.*

En virtud de que la tesis con el tema: **“IMPORTANCIA DE LA ATENCION FISIOTERAPEUTICA INTEGRAL A KARATECAS QUE EXPERIMENTAN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE LA RODILLA”**, presentada por la estudiante: Milvia Ninneth Ovalle Letona, previo a optar al grado de Licenciada en Fisioterapia, cumple con los requisitos técnicos y de contenido establecidos por la Universidad, se extiende el presente dictamen favorable para que continúe con el proceso correspondiente.



**Arq. María Isabel Cifuentes Soberanis**  
**Revisora**

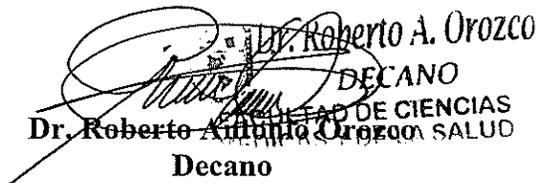


# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

*"Sabiduría ante todo, adquiere sabiduría"*

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA. FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS Y DE LA SALUD,**  
Guatemala a los dieciséis días del mes de septiembre del año dos mil veinte.

En virtud de que la tesis con el tema: **"IMPORTANCIA DE LA ATENCION FISIOTERAPEUTICA INTEGRAL A KARATECAS QUE EXPERIMENTAN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE LA RODILLA."**, presentado(a) por el(la) estudiante: **Ovalle Letona Milvia Ninneeth**, previo a optar al grado de Licenciado(a) en Fisioterapia, cumple con los requisitos técnicos y de contenido establecidos por la Universidad, y con el requisito de Dictamen del Asesor y Revisor se autoriza la impresión del informe final de la TESIS.

  
**Dr. Roberto A. Orozco**  
DECANO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
MÉDICAS Y DE LA SALUD  
**Decano**  
**Facultad de Ciencias Médicas y de la Salud**

**Nota:** Para efectos legales, únicamente la sustentante es responsable del contenido del presente trabajo.

# Contenido

Introducción	1
Capítulo 1	1
Marco Conceptual	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.	1
1.3 Justificación del estudio.	2
1.4 Alcances y límites de la investigación.	3
Capítulo 2	4
Marco Teorico	4
2.1 El cuerpo humano como sistema biomecánico	4
2.2 La locomoción como objeto de investigación de la biomecánica	7
2.3 El rol del complejo articular de la rodilla en la locomoción	6
2.3.1 Anatomía de la rodilla	8
2.3.1.1 Componentes óseos	9
2.3.1.2 Medios de unión	11
2.3.2 Fisiología de la rodilla	13
2.3.3 Biomecánica de la rodilla	20
2.4 La locomoción, base del análisis de los gestos implicados en el karate	22
2.4.1 Posiciones fundamentales	24
2.4.2 Patrones funcionales de movimiento propios del karate	26
2.5 Análisis de la patada frontal implicada en el karate	29
2.5.1 Análisis cinemático	30
2.5.2 Análisis cinético	31
2.6 Lesiones más frecuentes en la práctica del karate	37
2.6.1 Las lesiones de la rodilla	37
2.6.2 La lesión del ligamento cruzado anterior	38
2.6.2.1 Etiopatogenia de la lesión	38

2.6.2.2	Factores de riesgo	39
2.6.2.3	Signos y síntomas	39
2.6.2.4	Implicaciones funcionales	40
2.6.2.5	Diagnóstico	42
2.6.2.6	Tratamiento médico	47
2.6.2.7	Tratamiento quirúrgico	49
2.6.2.8	Pronóstico	54
Capítulo 3		55
Marco Metodologico		55
3.1	Tipo de investigación	55
3.2	Objetivos	55
3.2.1	General.	55
3.2.2	Específicos	55
3.3	Variables	55
3.3.1	Variable Independiente	55
3.3.2	Variable Dependiente	55
3.4	Población	55
3.5	Instrumento.	56
3.6	Estadística.	56
Capítulo 4		57
Presentacion de Resultados		57
4.1	Contexto.	57
4.2	Metodología	58
4.3	Características demográficas de la población	59
4.3.1	Género	59
4.3.2	Línea de rendimiento	59
4.3.3	Diagnóstico de referencia	60
4.3.4	Lesiones ligamentosas de la rodilla por línea de rendimiento	61
4.3.5	Contexto de la lesión	63
4.4	Análisis global de los resultados	64

Conclusiones y Recomendaciones	66
Conclusiones.	66
Recomendaciones.	66
Propuesta	67
1.1 Introducción	67
1.2 Objetivos del protocolo	69
1.2.1 General.	69
1.2.2 Específicos	70
1.3 Elementos del protocolo	70
1.3.1 El proceso de evaluación.	70
1.3.1.1 Prueba de amplitud articular.	70
1.3.1.2 Prueba de fuerza muscular voluntaria.	70
1.3.1.3 Prueba de alineamiento postural.	71
1.3.1.4 Pruebas funcionales específicas.	71
1.3.2 El proceso de intervención.	72
1.3.2.1 Protocolo de tratamiento para el abordaje no quirúrgico.	72
1.3.1.2 Protocolo de tratamiento para el abordaje quirúrgico.	76
1.3.3 Programa educacional.	83
Consideraciones finales	84
Referencias	85

## **Introducción**

En el transcurso de su vida, el ser humano está expuesto a accidentes, cuya naturaleza varía de acuerdo con el tipo de actividad a la que se dedica. Aunque las actividades deportivas conllevan un elemento recreativo y pueden ser practicadas de manera individual o colectiva, por lo general las mismas se desarrollan con el ánimo de competir para demostrar la superioridad de un contendiente (individual o colectivo) sobre otro. Lo anterior, lleva a quienes las practican (deportistas o atletas) a ejecutar acciones riesgosas para la integridad de su propio cuerpo, el cual al final resulta siendo únicamente un instrumento, para el logro de los fines de dicha competencia: el triunfo.

Siendo el karate un deporte de tipo combativo, que implica la exhibición de determinados gestos que demandan el despliegue de fuerza explosiva, son diversas las lesiones que pueden presentarse en el transcurso de la práctica del mismo. Sin embargo, de acuerdo con la experiencia acumulada por el sustentante, en Guatemala no existen actualmente protocolos definidos para las lesiones de las personas que practican karate, independientemente de que lo hagan profesionalmente o no.

Por esta razón, se consideró importante efectuar un estudio de tipo retrospectivo que permitiera por un lado, identificar las lesiones músculo-esqueléticas más frecuentes derivadas de la práctica de ese deporte y por el otro, caracterizar el tratamiento que tradicionalmente se brinda a atletas que practican el karate (karatecas) que han sido referidos a las Clínicas Médicas de la CDAG y el COG, así como identificar la necesidad de desarrollar un protocolo de atención integral que incluya no únicamente los aspectos rehabilitativos de este tipo de lesiones, sino también los aspectos preventivos de las mismas.

# Capítulo 1

## Marco Conceptual

**1.1 Antecedentes.** El término artes marciales hace referencia no únicamente a un conjunto de sistemas de lucha que se originaron en Oriente y han sido practicados desde hace más de cuarenta y dos siglos, sino también a ciertos valores espirituales subyacentes en los mismos y que son transmitidos de una generación (maestro/instructor) a otra (discípulo/aprendiz). Concebidas las artes marciales dentro de un concepto más amplio: el arte de la defensa personal, las mismas han sido desarrolladas como sistemas de combate que han evolucionado a lo largo de la historia y en la actualidad, son practicadas como deportes individuales (Judo, Tae Kwon Do y Karate Do) en el mundo entero.

El desarrollo del *karate do*, como deporte de competencia ha sido paulatino y significativo. En la práctica de este deporte, el atleta (denominado karateca) se enfrenta cuerpo a cuerpo a un oponente (real o imaginario), a partir de ciertas posiciones de equilibrio, haciendo uso de una variedad de destrezas entre las que se encuentran las siguientes (Maldonado & Arteaga, 2018): técnicas de manos, técnicas de piernas y técnicas de derribos.

El karate se enseña y practica profesionalmente en diferentes modalidades: como ejercicio de estilo libre, una habilidad de autodefensa, o un deporte competitivo. Muestra de esto último es que, a partir del año mil novecientos noventa y tres, el Karate ha venido siendo incluido en Juegos Regionales y Continentales del ciclo olímpico y finalmente, la Olimpiada que había sido programada para celebrarse en el año 2020, en la ciudad de Tokio, habría incluido competencias de karate.

**1.2 Planteamiento del problema.** Aunque el karate hace hincapié en la importancia de la práctica de la autodisciplina, y el mantenimiento de una actitud positiva con el fin de promover la formación de valores morales en quienes lo practican, la naturaleza propia de los deportes de combate es lo que determina la ejecución de cierto tipo de movimientos y el despliegue de fuerza explosiva como elementos predominantes.

Las lesiones de la rodilla, constituyen lesiones altamente prevalentes, en el ámbito deportivo. Según Miyamoto, Bosco & Sherman (2009), citados por Cabezas y otros (2019), los gestos implicados en la dinámica propia del karate (particularmente los saltos y desplazamientos que son efectuados durante un combate real o imaginario), producen una sobrecarga de las estructuras anatómicas de las extremidades inferiores. Este hecho incrementa el grado de riesgo de lesiones musculares y articulares, particularmente a nivel de la rodilla y determina que tales lesiones sean recurrentes y el período de su recuperación, muy lento.

La ocurrencia de lesiones ligamentosas en la rodilla está asociada básicamente a las exigencias físicas de este deporte. De acuerdo con Ayala-Mejías, García-Estrada & Alcocer (2014), citados también por Cabezas y otros (2019), la incidencia de lesiones del ligamento cruzado anterior se debe a traumatismos indirectos sobre la rodilla durante la práctica deportiva, tanto de la modalidad de Kata (combate imaginario contra uno o varios adversarios), como de la modalidad de Kumité (combate que implica el enfrentamiento directo entre adversarios). Según Ayala-Mejías y otros, los síntomas más frecuentes son el dolor, una leve tumefacción articular y una sensación de inestabilidad de la rodilla, fundamentalmente cuando se trata de efectuar actividades de torsión-recorte-desaceleración.

**1.3 Justificación del estudio.** Tomando en cuenta la frecuencia con que son requeridos los servicios del fisioterapeuta para el tratamiento de las lesiones músculo-esqueléticas de los atletas que practican el Karate do, se consideró necesario efectuar un estudio retrospectivo de un año que comprendió una revisión de los expedientes de atletas referidos a la Clínica de Fisioterapia de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG) y el Comité Olímpico Guatemalteco (COG) del uno de enero al treinta y uno de diciembre del año dos mil diecinueve. Dicha revisión permitiría caracterizar el tratamiento que regularmente se brinda a atletas que practican el karate (karatecas) que han experimentado lesiones derivadas de la práctica deportiva y hubieren sido referidos a las Clínicas Médicas de la CDAG y el COG.

## **1.4 Alcances y límites de la investigación.**

1.4.1 Los alcances. El estudio abarcará la revisión de expedientes de los atletas de la Federación de Karate que fueron referidos a las Clínicas Médicas de la CDAG y el COG en el período comprendido del uno de enero al treinta y uno de diciembre de dos mil dieciocho.

1.4.2 Los límites.

1.4.2.1 Ámbito geográfico de la investigación: Ciudad de Guatemala.

1.4.2.2 Ámbito institucional: Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG) y Comité Olímpico Guatemalteco (COG).

1.4.2.3 Ambito temático: Proceso de atención fisioterapéutica integral a karatecas que experimentan lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla.

1.4.2.4 Ámbito temporal: El estudio se desarrollará en los meses comprendidos de julio a noviembre de dos mil diecinueve.

## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 El cuerpo humano como sistema biomecánico.**

La actividad motora de los seres humanos, ha sido siempre objeto de gran interés para los científicos que, más que describir lo que sucede en las diferentes manifestaciones de la motricidad humana, persiguen aplicar el conocimiento derivado de su quehacer investigativo al perfeccionamiento del desempeño motor. La biomecánica contemporánea pertenece a las ciencias biológicas que hacen uso de métodos y enfoques físico-matemáticos que, desde la teoría de las máquinas y los mecanismos, analizan las partes del cuerpo que poseen uniones móviles, como elementos (pares y cadenas de tipo biocinemático) que se encuentran bajo la acción de fuerzas (denominadas cargas) que se aplican sobre ellos (Donskoi, 1971). De acuerdo con los efectos que producen en los componentes rígidos o los componentes blandos del cuerpo humano, las cargas han sido clasificadas como cargas que provocan (Donskoi, 1971):

- Tracción. Son las más características de los tejidos blandos. Son evidentes cuando la persona se encuentra en suspensión o cuando sostiene un peso con los brazos extendidos hacia abajo.
- Presión. Se manifiestan en los huesos y los cartílagos. Son evidentes en la posición vertical del cuerpo: la fuerza de gravedad, el peso de cargas externas y por otro lado, la presión del apoyo.
- Flexión. Se manifiestan cuando los huesos ejecutan el rol de palancas, en este caso, las fuerzas de los músculos y las fuerzas de resistencia aplicadas a ellos, se dirigen transversalmente a los huesos, provocando su flexión.
- Torsión. Este tipo de cargas se encuentran con frecuencia en los movimientos de rotación de un miembro alrededor de un eje longitudinal

Según Donskoi (1971), las cargas pueden ser de dos tipos: estáticas y dinámicas. Las estáticas frecuentemente poseen una magnitud constante y por lo general son relativamente pequeñas. Las dinámicas, en cambio, surgen durante los movimientos, en donde actúan las fuerzas de inercia. Ejemplo de esto lo constituyen las cargas de presión evidentes cuando el cuerpo cae desde una gran altura, y las cargas de flexión que se producen durante un choque que podría superar el margen de seguridad del movimiento y en consecuencia producir algún tipo de lesión.

Es importante destacar que, derivado de la aplicación de las cargas, tanto los músculos, como las cápsulas articulares, los ligamentos y los cartílagos que actúan como medios de unión entre los huesos del esqueleto; sufren una deformación que les permite contrarrestar la acción de dichas cargas. De acuerdo con Donskoi (1971), los músculos cumplen un papel primordial en la disminución del impacto de las cargas. Una insuficiente elasticidad de los músculos, provocaría la lesión de los ligamentos y los cartílagos y en casos extremos, la lesión de los propios músculos y los huesos. Por su parte, los huesos como elementos de gran rigidez no varían su longitud, no son susceptibles de ser flexionados ni tensionados por las cargas y, en consecuencia, actúan como palancas; durante la transmisión de dichas cargas.

Entendida como el estudio de las leyes que rigen a los organismos vivos, especialmente al cuerpo humano y su sistema locomotor, la *bio-mecánica* permite entender la forma como se llevan a cabo las actividades funcionales y forma parte de un cuerpo de conocimientos más amplio que es la mecánica, disciplina que se divide en dos principales ramas (Shulak, 1989): La cinemática y la cinética.

La *cinemática*, que se encarga de estudiar el movimiento de un cuerpo, (en este caso particular, el movimiento humano en la realización de gestos deportivos), sin tener en cuenta las causas que lo producen. Por esta razón, cuando el análisis se hace desde la perspectiva de *la cinemática se busca la descripción, la medición y el registro del movimiento corporal*, en relación a un solo plano, aunque los movimientos naturales del cuerpo suelen ocurrir en más de un plano.

La *cinemática* considera los movimientos de todas las partes de cuerpo en relación a segmentos de la parte incluida en el movimiento y no necesariamente en relación con la posición

anat6mica estandar. Por su parte, la *cin6tica* es el estudio de las fuerzas que producen, detienen o modifican los movimientos del cuerpo. Cuando el an6lisis se hace desde la perspectiva de la cin6tica (perspectiva kinesiol6gica), se busca comprender la forma como los m6sculos que actúan sobre las articulaciones del miembro inferior contribuyen al equilibrio y el movimiento corporales.

## **2.2 La locomoci6n humana como objeto de investigaci6n de la biomecánica.**

Aunque la *locomoci6n* puede ser considerada una actividad intencional b6sica, la misma es un proceso que cada ser humano aprende en su momento. Este hecho determina que cada persona desarrolle sus propios patrones los cuales, analizados a trav6s de una observaci6n cuidadosa, son muy notorios. Sin embargo, para el an6lisis objetivo de la locomoci6n, las diferencias individuales pierden importancia y se toman en cuenta únicamente los elementos constitutivos del proceso. La capacidad de llevarla a cabo, es una resultante de las condiciones f6sico-funcionales del sistema m6sculo-esquel6tico, cuya integridad permite que una persona pueda utilizarla no sólo para trasladarse de un lugar otro, sino utilizarla instrumentalmente, en el transcurso de la realizaci6n de actividades funcionales. Para ello, la funci6n que el miembro inferior cumple es absolutamente primordial.

El *miembro inferior*, est6 dise±ado especialmente para soportar el peso del cuerpo, el control de la gravedad y la locomoci6n. Por lo general, se piensa que únicamente los miembros inferiores son los elementos anatómicos involucrados en las actividades funcionales que implican el traslado del cuerpo de un lugar a otro, pero eso no es así. Existen otros elementos anatómicos cuya intervenci6n, durante el desarrollo de diferentes actividades cotidianas (caminar, correr, saltar, etc.), confieren al desempe±o motor las caracter6sticas que permiten conceptualizar considerar la locomoci6n, como un proceso eficaz (normal) o ineficaz (con desviaciones de lo normal). Entre esos elementos, cuya trascendencia no puede obviarse en el an6lisis de la locomoci6n, se encuentra el cintur6n p6lvico.

El *cintur6n p6lvico* es el resultado de la uni6n de dos huesos (los coxales o iliacos) que, al articularse entre sí para conformar la pelvis, forman tambi6n un arco muy fuerte que se complementa dorsalmente con la regi6n sacra de la columna vertebral. Su importancia radica en

que es el encargado de transmitir al fémur las fuerzas que se ejercen a través del sacro y las derivadas del tronco y la cabeza por medio de la columna vertebral.

El cinturón pélvico, considerado en su conjunto; transmite fuerzas entre la columna vertebral y los miembros inferiores (Kapandji, 2015):

- El peso soportado por la quinta vértebra lumbar se distribuye en dos partes iguales hacia las denominadas alas del sacro para dirigirse a continuación, a través de las espinas iliacas hacia el acetábulo (concavidad en donde se articula con la cabeza del fémur).
- En el acetábulo, recibe la resistencia del suelo al peso del cuerpo transmitida por la cabeza y el cuello del fémur. Una parte de esa resistencia, queda anulada por la resistencia opuesta, a la altura de la sínfisis del pubis, después de haber atravesado la rama horizontal del mismo.

El *miembro inferior propiamente dicho*, forma parte del denominado *esqueleto apendicular* y está constituido por el fémur, la tibia, el peroné, el tarso (constituido por varios huesos), el metatarso (huesos metatarsianos) y las falanges. Para comprender la variedad de movimientos que permiten al miembro inferior desarrollar actividades funcionales, debe considerarse que cada uno de sus segmentos está formado tanto por componentes óseos, como por componentes articulares y musculares que le confieren características que le permiten actuar (Kapandji, 2015):

- Como una estructura rígida constituida por los huesos y las articulaciones, es decir como una estructura relativamente estable que permite que los tejidos blandos (sistema tegumentario y sistema muscular...) pueden apoyarse en él, para su adecuado funcionamiento, durante la realización de actividades cotidianas.
- Como una estructura móvil, resultante de la acción de palancas constituidas por huesos sobre los cuales se produce una contracción muscular que permite poner en marcha el mecanismo de la locomoción que facilita el traslado del peso del cuerpo, de un lugar a otro.

Los componentes articulares del miembro inferior que intervienen en las actividades funcionales que implican el traslado del cuerpo de un lugar a otro, son de arriba abajo, los siguientes (Quiroz, 1970):

- articulación de la cadera (unión del coxal con el fémur),
- articulación de la rodilla (unión del fémur con la tibia),
- articulación del tobillo (unión de la tibia y el peroné con los huesos del tarso),
- articulación tarso metatarsiana (unión de los huesos del tarso con los del metatarso),
- articulaciones metatarso-falángicas, y
- articulaciones interfalángicas (proximales y distales).

Según Tortora & Anagnostakos (1989) es importante considerar que, aun cuando los huesos y las articulaciones proporcionan acción de palanca y constituyen la estructura de sostén del cuerpo, son incapaces de mover al cuerpo por sí mismos. El movimiento es una función corporal indispensable que resulta de la acción muscular que forma entre el cuarenta y el cincuenta por ciento del peso corporal total y cuya complejidad continúa siendo objeto de estudio de una especialidad: la *miología* (Tortora & Anagnostakos, 1989).

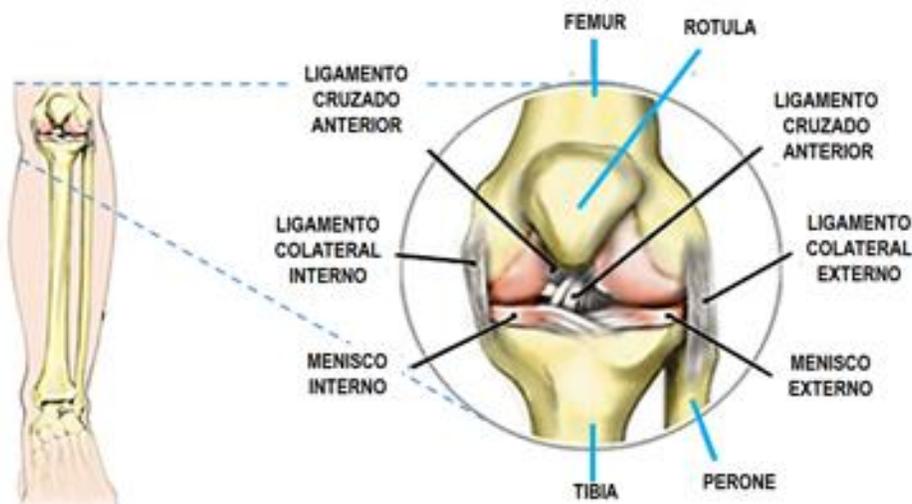
Tanto anatómica como funcionalmente hablando, los músculos del miembro inferior, pueden ser agrupados en las regiones siguientes: región de la pelvis, muslo, pierna y pie. Según los diversos segmentos que conforman el miembro inferior, los componentes musculares pueden ser agrupados, según los diversos segmentos que conforman dicho miembro: Músculos de la pelvis, el muslo, la pierna y el pie (Wischnitzer, 1982).

### **2.3 El rol del complejo articular de la rodilla en la locomoción.**

Existen numerosos trabajos monográficos que destacan la importancia de la articulación de la rodilla, como uno de los elementos más complejos del cuerpo humano, debido principalmente al diseño de la misma. Dicho diseño implica componentes óseos, cuya forma irregular requiere de la existencia de medios de unión entre los cuales se encuentra una intrincada estructura ligamentosa y un sofisticado aparato muscular que le dan una gran estabilidad. (Nordin & Frankel, 2005).

### 2.3.1 Anatomía de la rodilla.

El complejo articular de la rodilla, consta de una estructura ósea compuesta por el fémur, la tibia y la rótula. Posee también, estructuras blandas constituidas por cartílago articular, dos meniscos (interno y externo), una cápsula articular, bolsas serosas, ligamentos, músculos, vasos y nervios. La afección de cualquiera de estas estructuras, disminuye su capacidad funcional. El complejo articular de la rodilla, consta de una estructura ósea compuesta por el fémur, la tibia, el peroné y la rótula (ver figura 1).

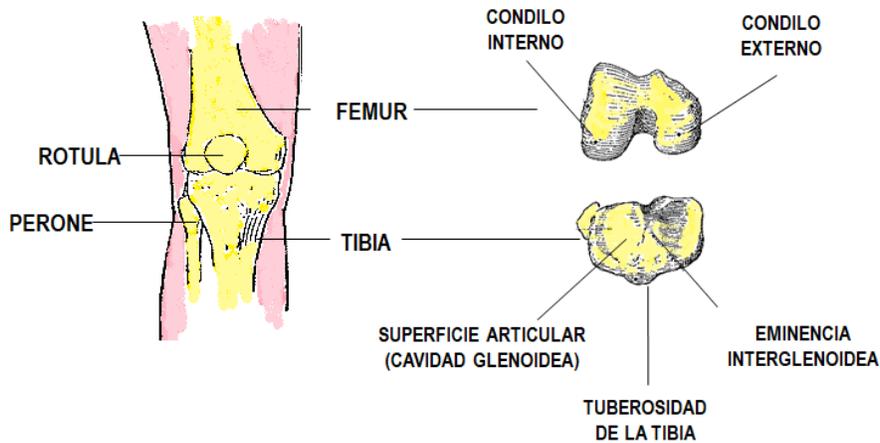


**FIGURA 1. ARTICULACION DE LA RODILLA**  
Fuente <http://www.medicine.net.com/>

Posee también, estructuras blandas (medios de unión) constituidas por cartílago articular, dos meniscos (interno y externo), una cápsula articular, bolsas serosas, ligamentos, músculos, vasos y nervios. La afección de cualquiera de estas estructuras, disminuye su capacidad funcional.

La rodilla es una de las estructuras articulares que sufren el deterioro fisiológico derivado del paso del tiempo. Sin embargo, la calidad de su funcionamiento depende también del estilo de vida de las personas.

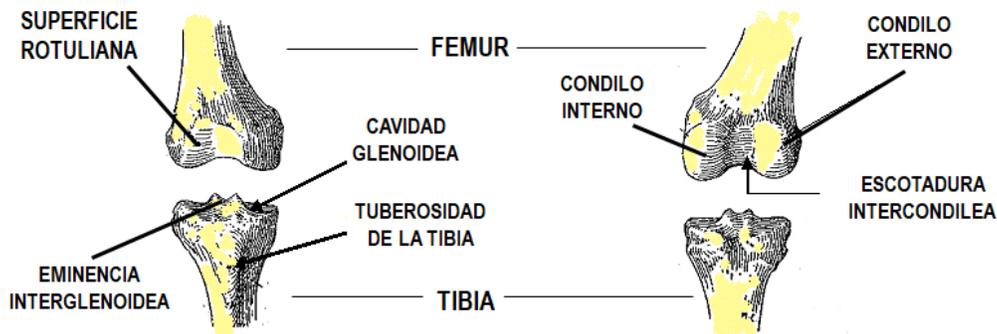
2.3.1.1 Componentes óseos. Los componentes óseos de la articulación de la rodilla están constituidos por (Wells,1989): el extremo distal del fémur, el extremo proximal de la tibia y la rótula o patella (ver figura 2).



**FIGURA 2. ARTICULACIÓN DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA.**  
 Fuente: Wells K. (1989) Kinesiología.

. El extremo distal del fémur está constituido por dos prominencias voluminosas denominadas cóndilos, (uno interno y uno externo) cuyo diámetro transversal es mayor que el antero posterior y se encuentran unidos en la parte anterior. Los cóndilos se encuentran separados en su parte posterior, por una escotadura profunda denominada escotadura intercondílea. Cada uno de los cóndilos constituye una superficie articular.

El extremo proximal de la tibia, es voluminoso, de diámetro transverso mayor que el anteroposterior, formado por dos masas laterales o tubérculos de la tibia, cuyas caras superiores presentan dos superficies articulares llamadas cavidades glenoideas (interna y externa). El espacio interglenoideo situado entre ambas cavidades, presenta en la parte media una saliente rugosa conocida como espina o tuberosidad de la tibia (ver figura 3).



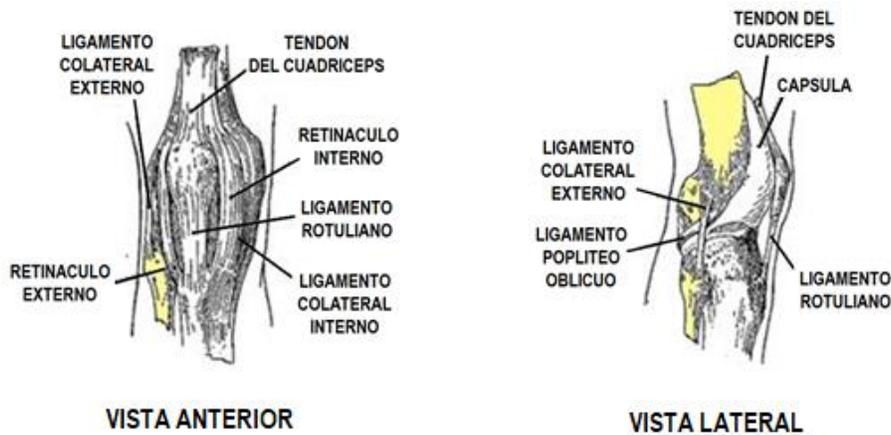
**FIGURA 3. DETALLE DE LOS COMPONENTES OSEOS DE LA ARTICULACIÓN DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA.**  
 Fuente: Wells K. (1989) Kinesiología.

La cavidad glenoidea interna es más amplia y cóncava que la externa, alargada en sentido anteroposterior y cóncava transversalmente y casi plana atrás. Se articula con el cóndilo interno del fémur. Por su parte, la cavidad glenoidea externa, es más corta, ligeramente cóncava en sentido transversal y se articula con el cóndilo externo del fémur (Wells, 1989).

2.3.1.2 Medios de unión. Según Kapandji (2015), todas las estructuras que se encuentran dentro de la articulación propiamente dicha, se encuentran envueltas en un manguito fibroso (cápsula articular) que rodea el extremo distal del fémur y el extremo superior de la tibia, manteniéndolos en contacto y constituyendo las paredes no óseas de la cavidad articular. Según Quiroz (1970), la cápsula está formada por fibras longitudinales que van del fémur a la tibia, del fémur a la rótula y de ésta a la tibia, que se entrecruzan con fibras oblicuas de diferentes procedencias. La inserción anterior de la cápsula se efectúa a uno o dos centímetros de la garganta de la tróclea para dirigirse después, en sentido oblicuo por el lado externo y por el interno, a lo largo de los cóndilos femorales pasando por debajo de sus tuberosidades. Después de dirige hacia atrás, bordeando la cara posterior de los cóndilos femorales, para introducirse finalmente al espacio intercondíleo e insertarse en el reborde articular en el fondo de dicho espacio. La inserción tibial anterior de la cápsula se verifica en el borde anterior de la superficie pre-espinal para continuarse en el reborde de las cavidades glenoideas y en las líneas que circunscriben el espacio interglenoideo hasta la inserción de los ligamentos cruzados.

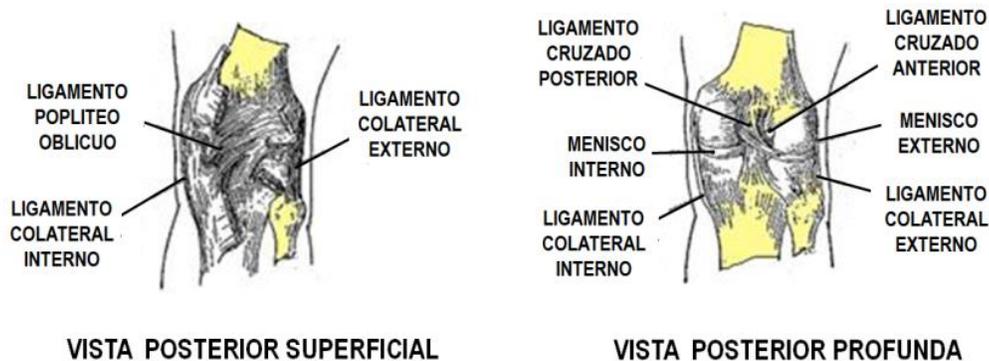
Posteriormente, la cápsula está formada por fibras que se entrelazan y están reforzadas por una porción del tendón del músculo semimembranoso. La banda que se deriva de este tendón se dirige oblicuamente hacia arriba y constituye el *ligamento poplíteo oblicuo*. Finalmente, la cápsula se adhiere a la circunferencia externa de los meniscos. Anteriormente, la inserción del cuádriceps en la rótula, la rótula misma y el *ligamento rotuliano* brindan una protección adecuada a la articulación de la rodilla. Este ligamento es aplanado de adelante atrás y más ancho por arriba que por abajo. Por arriba, se inserta en el vértice de la rótula. Sus fibras se confunden con las que

proceden del tendón del cuádriceps y descienden por la cara anterior de la rótula. Por abajo, se inserta en el tercio inferior de la tuberosidad anterior de la tibia (Quiroz, 1970). A cada lado del tendón del cuádriceps, entre la rótula y los cóndilos femorales y tibiales, la cápsula articular está formada por fibras que provienen de la fascia lata y extensiones del tendón del cuádriceps que conforman los retináculos interno y externo de la rótula (ver figura 4).



**Figura 4. DETALLE DE LOS MEDIOS DE UNION DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA**  
**Fuente: Wells K. (1989) Kinesiología.**

El *ligamento colateral interno*, es una banda ancha fusionada posteriormente con la cápsula articular, que pasa del epicóndilo interno del fémur hacia la superficie interna del extremo superior de la tibia. Por su parte, el *ligamento colateral externo*, va desde el epicóndilo externo del fémur a la cabeza del peroné (Quiroz, 1970). En contraste con lo que sucede con el ligamento colateral interno, el ligamento colateral externo no se funde con la cápsula, sino que se mantiene lateral a ella (ver figura 5).



**Figura 5. DETALLE DE LOS MEDIOS DE UNION DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA**  
**Fuente: Wells K. (1989) Kinesiología.**

El ligamento colateral externo y la parte posterior del ligamento colateral interno, se tensan a partir de la extensión de la rodilla, y se relajan cuando la rodilla se flexiona. Sin embargo, la porción anterior del ligamento colateral interno permanece tensa, independientemente de la posición que la rodilla adopte.

De acuerdo con Quiroz (1970), la cavidad de la articulación de la rodilla, se extiende hacia arriba enfrente del fémur y el cuádriceps y a menudo se prolonga a través de una bursa (denominada bursa suprapatelar). Distalmente (entre el fémur y la tibia), la cavidad está dividida por las estructuras que se encuentran dentro de la cápsula articular. Un pliegue de la membrana sinovial se desliza hacia abajo y atrás desde la superficie posterior de la rótula y se ensancha y se adosa al borde interno de las superficies articulares de los cóndilos femorales y los tubérculos tibiales. En consecuencia, la cavidad articular de la rodilla se divide en dos compartimientos (interno y externo) que se comunican anteriormente. Sin embargo, están separados uno de otro por las estructuras que se extienden entre la escotadura intercondílea del fémur y el espacio interglenoideo de la tibia, particularmente, los ligamentos cruzados anterior y posterior cuya función es fijar el fémur y la tibia, para impedir el desplazamiento de ambos huesos sobre el pivote central más allá del límite conveniente.

### 2.3.2 Fisiología de la rodilla.

El análisis de la rodilla es complejo, debido a que anatómicamente se le considera una articulación de tipo bicondíleo, pero fisiológicamente; también se le considera una articulación de tipo troclear (Kapandji, 2015).

La articulación de la rodilla comprende tres compartimientos que se encuentran dentro de la misma cápsula articular y, por consiguiente, forman un continuo: fémoro-rotuliano, tibio-femoral medial o interno y tibio-femoral lateral o externo. Dichos compartimientos están formados por tres espacios articulares interconectados, dos articulaciones tibio-femorales y una articulación fémoro-rotuliana (Quiroz, 1970).

En este punto es importante destacar que cualquier discusión en torno a la anatomía de la rodilla o el diagnóstico y tratamiento de los traumatismos de la rodilla debe tener en cuenta, el compartimento concreto implicado.

Según Quiroz (1970), el *compartimento tibio-femoral medial* abarca el cóndilo femoral interno, el menisco interno y el cóndilo tibial cóncavo. Este compartimento se localiza sobre la cara medial de la rodilla; la línea articular medial situada entre el fémur y la tibia puede palparse cuando la rodilla está en flexión o en extensión.

El *compartimento tibio-femoral lateral* incluye el cóndilo femoral externo, el menisco externo y la meseta tibial lateral plana. Localizado lateralmente con respecto a la línea media de la extremidad, abarca la mitad lateral de la articulación de la rodilla. Aunque no forma parte del compartimento tibio-femoral lateral, el peroné se palpa con facilidad distal mente con respecto a la línea articular. El compartimento fémoro-rotuliano, formado por la rótula y la tróclea femoral, se localiza sobre la cara anterior de la rodilla y se localiza fácilmente moviendo la rótula sobre la tróclea femoral.

Desde el punto de vista funcional, la rodilla debe conciliar dos aspectos prácticamente contradictorios. Estos son, por un lado, el de proporcionar una estabilidad suficiente como para soportar la totalidad del peso corporal y, por otro lado, garantizar la movilidad necesaria para la locomoción.

Según Kapandji (2015), la articulación de la rodilla efectúa movimientos de flexo-extensión y rotación. En los movimientos de flexo-extensión los cóndilos femorales ruedan y se deslizan a la vez sobre las cavidades glenoideas tibiales, de manera tal que el eje (dispuesto transversalmente entre ambos cóndilos) alrededor del cual se realizan dichos movimientos, varía constantemente de posición y de dirección.

Partiendo de la posición anatómica (rodilla en extensión) la amplitud de la flexión es de unos ciento veinte grados (120°), que aumenta hasta ciento cuarenta (140°) con la cadera flexionada y llega a ciento sesenta (160°) forzando pasivamente el movimiento. Según Kapandji (2015), durante la flexión, los cóndilos femorales tienden a desplazarse hacia atrás, pero lo hace más el

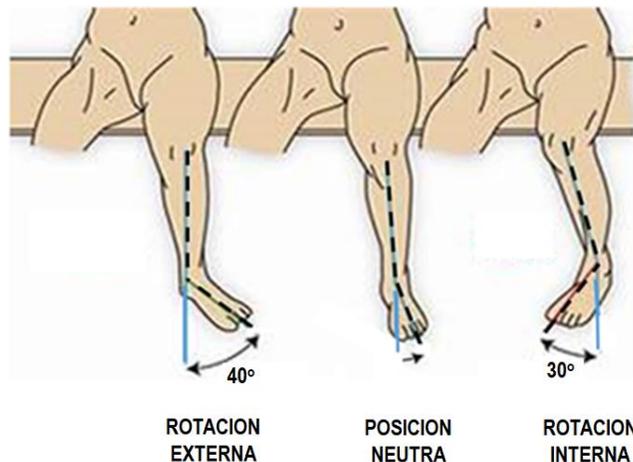
externo, con lo que el eje mecánico rota lateralmente (en el sentido de las agujas del reloj en la rodilla derecha). Durante la extensión sucede lo contrario; los cóndilos ruedan hacia delante y rueda más el externo que el interno, por lo que el eje bicondíleo se desplaza hacia delante y rota medialmente.

De acuerdo con Kapandji (2015), en posición de pie, la tibia se encuentra ligeramente rotada hacia fuera. Durante los primeros grados de flexión o los últimos de extensión, se añade un movimiento alrededor de un eje vertical, llamado rotación asociada, cuyo valor oscila entre los diez y los quince grados (10-15°). Se trata de una rotación externa del fémur al principio de la flexión o una rotación interna al final de la extensión. Esta rotación interna del fémur ayuda a bloquear la rodilla en extensión, de modo que el miembro inferior se transforma en una columna rígida que sostiene el peso del cuerpo. Esto ocurre, al asumir la posición de pie, desde la posición sedente. Si, por el contrario, es la tibia la que se mueve bajo el fémur, se asocia una rotación interna de aquélla al principio de la flexión, o rotación externa, al final de la extensión. Así ocurre también durante la locomoción, cuando el miembro inferior que oscila, toma contacto con el suelo, con lo que, además de la rigidez del miembro inferior, se consigue una base de sustentación más amplia.

Independientemente de dicha rotación asociada, y solamente cuando la rodilla está flexionada, es posible realizar los movimientos de rotación independiente, que tienen lugar alrededor de un eje vertical que pasa por la vertiente interna de la espina de la tibia. Esta situación medial del eje, junto con la geometría del cóndilo femoral externo (menos convexo que el interno en dirección antero posterior) y la de la cavidad glenoidea externa (plana, o incluso, ligeramente convexa en esa misma dirección) son los factores responsables de que, en el movimiento de rotación externa; el cóndilo externo tenga un mayor recorrido sobre la cavidad glenoidea externa, que el que tiene el cóndilo interno sobre la interna.

Durante la *rotación interna del fémur sobre la tibia* el cóndilo femoral interno se desplaza hacia atrás y el externo hacia delante y cada menisco acompaña al cóndilo femoral correspondiente deformándose y deslizándose sobre la tibia. (Kapandji, 2015).

La amplitud de la rotación interna es de unos treinta grados y puede llegar pasivamente hasta los treinta y cinco grados. La amplitud de la rotación externa alcanza los cuarenta grados y puede llegar pasivamente hasta los cuarenta y cinco grados, mientras que la rotación interna es de unos treinta grados y puede llegar pasivamente hasta los treinta y cinco grados (ver figura 6).



**Figura 6. MOVIMIENTOS DE ROTACION AXIAL**  
**FUENTE: Kapandji, A. (2015) Fisiología Articular.**

En la posición de pie, la rótula no está encajada en la tróclea femoral e, incluso, puede no estar en contacto con ella. Este contacto se inicia entre los cero y los veinte grados de flexión, afirmándose a medida que el movimiento progresa. Según Kapandji (2015), a medida que aumenta la flexión, también aumenta el área de contacto entre ambos huesos, la cual es máxima alrededor de los noventa grados. A partir de ese punto, la misma disminuye debido a que la rótula, al enfrentarse a la parte anterior de la escotadura intercondílea, se encuentra como un puente que sólo se apoya por los lados en la parte vecina de los cóndilos femorales. En esta posición, entran en contacto las carillas semilunares descritas en ambos huesos. Los movimientos de la articulación de la rodilla están controlados por una serie de factores limitantes de distinta naturaleza (Kapandji, 2015):

- La *flexión* está limitada, por la distensión del cuádriceps y por otro, por el contacto y la mutua compresión de las partes blandas situadas en la región posterior del muslo y de la pierna y por la captación de las partes posteriores de los meniscos entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. La disposición espacial de las fibras que integran los

ligamentos cruzados hace que el ligamento cruzado posterior (LCP) se encuentre en tensión, tanto en la flexión máxima, como en posiciones intermedias.

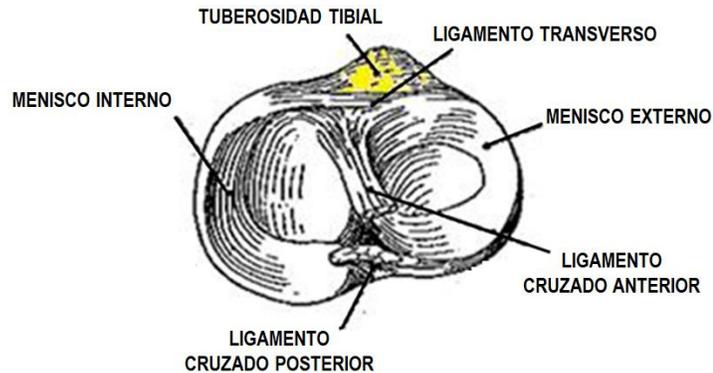
- La *extensión* está limitada por la distensión de los músculos flexores, la captación de las partes anteriores de los meniscos entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales, la tensión progresiva a la que se ven sometidas las estructuras fibrosas de la pared posterior de la cápsula y la tracción ejercida sobre los ligamentos colaterales, ya que se encuentran por detrás del eje de flexo-extensión. Además, el ligamento cruzado anterior(LCA) se encuentra tenso en extensión máxima, lo cual representa un freno a dicho movimiento.

Los ligamentos cruzados son muy importantes en movimientos de flexo-extensión. EL LCA es el responsable del deslizamiento de los cóndilos femorales hacia delante, limitando su traslación posterior a causa del rodamiento, mientras que el LCP es el responsable del deslizamiento de los cóndilos hacia atrás limitando su traslación anterior.

La rotación de la rodilla no puede realizarse con la articulación extendida, debido a la tensión a la que están sometidos, tanto los ligamentos cruzados (anterior y posterior), como los ligamentos colaterales (interno y externo). Sólo cuando la rodilla se flexiona, la distensión de las estructuras mencionadas permite los movimientos de rotación. Según Kapandji (2015), los principales factores limitantes de la rotación externa son los ligamentos colaterales que se tensan simultáneamente, pero en sentido contrario, ya que, debido a la distinta oblicuidad de sus fascículos (hacia abajo y adelante, en el caso del ligamento colateral interno y hacia abajo y atrás, en el caso del colateral externo), al rotar externamente la tibia bajo el fémur, la inserción tibial del ligamento colateral interno se desplaza todavía más hacia delante, mientras la inserción peronea del colateral externo, se desplaza aún más hacia atrás, con lo que ambos ligamentos se tensan.

También se opone a la rotación externa la distensión de los músculos rotadores internos (semitendinoso y semimembranoso), pero sobre todo el músculo poplíteo, debido a la disposición más transversal de sus fibras. La rotación interna está limitada, fundamentalmente, por los ligamentos cruzados; puesto que a medida que la rotación progresa, va aumentando su grado de tensión.

En cuanto se refiere específicamente a los ligamentos cruzados, Kapandji (2015) menciona que los mismos están situados mayoritariamente en la fosa intercondílea que se encuentra en el centro de la articulación (ver figura 7).



**FIGURA 7. DETALLE DE LA INSERCIÓN DE LOS LIGAMENTOS CRUZADOS DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA (CORTE TRANSVERSAL)**  
Fuente: Wells K. (1989) Kinesiología.

El primero que se observa es el ligamento cruzado anteroexterno, denominado también ligamento cruzado anterior (LCA), cuya inserción inferior se localiza en la superficie pre-espal de la tibia, a lo largo de la cavidad glenoidea interna, entre la inserción del cuerno anterior del menisco interno por delante, y la inserción del menisco externo, por detrás. Su trayecto es oblicuo hacia arriba, hacia atrás y hacia afuera. Su inserción superior se efectúa en la cara axial del cóndilo femoral externo, a la altura de una zona estrecha y verticalmente alargada, en contacto con el cartílago, en la parte más posterior de la mencionada cara. El LCA, está constituido por tres haces de fibras (Kapandji, 2015):

- *Haz anterointerno.* Es el más largo de todos y es el que se encuentra en mayor riesgo de sufrir lesiones traumáticas.
- *Haz intermedio.* Como su nombre lo indica, se encuentra entre los haces anterointerno y posteroexterno.
- *Haz posteroexterno.* Se encuentra oculto por el haz anterointerno y en caso de lesión parcial, sus fibras son las más resistentes.

En conjunto, estos haces forman una estructura helicoidal que da la apariencia de encontrarse retorcida sobre sí misma. Según Bonnel (2002), citado por Kapandji (2015), la longitud media de las fibras del LCA varía entre un centímetro con ochenta y cinco centésimas y tres centímetros con treinta y cinco centésimas (1.85-3.35 cm), según la localización de las mismas.

En cuanto se refiere al ligamento cruzado posterointerno, denominado también ligamento cruzado posterior (LCP), cuya inserción inferior se localiza en la parte más posterior de la superficie retro-espinal de la tibia, el mismo sobrepasa incluso el borde posterior de la meseta tibial. La inserción tibial del LCP está localizada mucho más atrás de los cuernos posteriores del menisco externo y del menisco interno. El trayecto de este ligamento también es oblicuo, pero hacia delante, adentro y arriba. Su inserción se efectúa en el fondo de la fosa intercondílea.

Según Rouvière (1948), citado por Kapandji (2015) la inserción del LCP sobrepasa notablemente la cara axial del cóndilo femoral interno, a lo largo del cartílago, en el límite inferior de dicha cara, en una zona de inserción horizontalmente alargada. Al igual que el LCA, el LCP está constituido por tres haces de fibras (Kapandji, 2015):

- *Haz anterointerno.* Es el más anterior sobre la tibia y el más interno en el fémur.
- *Haz posteroexterno.* Es el más posterior sobre la tibia y el más externo en el fémur.
- *Haz menisco-femoral de Wrisberg.* Se inserta en el cuerno posterior del menisco interno para adherirse a continuación, al cuerpo del ligamento LCP al que acompaña normalmente en su cara anterior para terminar insertándose con él en la cara axial del cóndilo interno.

Existe, a veces, un equivalente de esta misma disposición para el menisco interno (Kapandji): algunas fibras del LCA se insertan en el cuerno anterior del menisco interno, próximo a la inserción del ligamento transverso.

Se mencionado ya que la cavidad articular de la rodilla se divide en dos compartimientos (interno y externo) que se comunican anteriormente, pero están separados uno de otro por las estructuras que se extienden entre la escotadura intercondílea del fémur y el espacio interglenoideo de la tibia.

En una observación cuidadosa, puede advertirse que la cápsula penetra en la fosa intercondílea para formar un doble tabique en el eje de la articulación. Antiguamente se creía que la inserción tibial de la cápsula, dejaba fuera de la articulación la inserción de los ligamentos cruzados. Sin embargo, actualmente se sabe que, en realidad, la inserción de la cápsula, pasa por la inserción de dichos ligamentos, cuya función es fijar el fémur y la tibia, para impedir el desplazamiento de ambos huesos sobre el pivote central más allá del límite conveniente. Toda vez que los ligamentos cruzados establecen una íntima conexión con la cápsula articular podría decirse que no constituyen sino engrosamientos de la misma y en tal virtud, podrían también ser considerados parte de la misma (Kapandji, 2015).

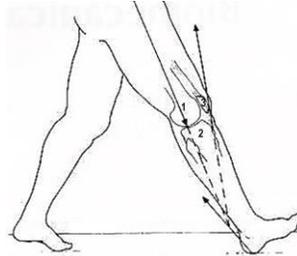
### 2.3.3 Biomecánica de la rodilla.

Se ha mencionado ya que la rodilla comprende realmente dos articulaciones: la femoro-tibial (entre el fémur y la tibia) y la femoro-patelar (entre el fémur y la rótula).

**Articulación femoro-tibial.** Cuando la observación se realiza de frente a la persona que avanza, la rodilla y el pie se ven en posición de valgo, lo cual obedece a la situación del eje de gravedad. En la posición bipodal (fase de apoyo doble) la acción muscular necesaria para mantener el equilibrio (estabilidad), es mínima. El peso que cada rodilla soporta corresponde a la mitad del peso del cuerpo, con excepción del peso de las piernas y el pie. En el período inicial de la fase de apoyo de la locomoción, la fuerza de reacción suelo-pie está dirigida en dirección superior y posterior.

Esta fuerza tiende a flexionar la rodilla y es resistida por la contracción del cuádriceps. La fuerza de contacto del talón, considerada junto a la fuerza generada por el tendón rotuliano, produce una fuerza neta en dirección superior, sobre la tibia en la articulación de la rodilla. En este caso el

punto de aplicación de la carga articular se ubica sobre las porciones posteriores del platillo tibial (ver figura 8).



**FIGURA 8. EL ROL DE LA RODILLA DURANTE LA LOCOMOCION  
(CONTACTO INICIAL DEL TALON-POSICION BIPODAL)**

1= Fémur 2= Tibia 3= Rótula (o patela)  
Fuente: <http://www.webmed.com>. 2020.

En cuanto a la articulación femoro-patelar, es importante recordar que la rótula cumple dos funciones: proporcionar al cuádriceps un brazo de palanca para facilitar su deslizamiento y distribuir la presión del tendón del cuádriceps, sobre el fémur. Cuando la rodilla se encuentra en extensión, la rótula no ejerce ninguna presión sobre el fémur. No obstante, a medida que la rodilla se flexiona (particularmente en la posición monopodal o de apoyo simple), la distancia entre la rodilla y el eje de gravedad aumenta. Por esta razón, el cuádriceps debe aumentar la fuerza de su contracción, para evitar una caída. Cuando el pie está en la parte media de la fase de apoyo (ver figura 9), la reacción pie-suelo tiene lugar por delante de la articulación.



**FIGURA 9. EL ROL DE LA RODILLA DURANTE LA LOCOMOCION  
(FASE DE APOYO MEDIO-POSICION MONOPODAL)**

1= Fémur 2= Tibia 3= Rótula (o patela)  
Fuente: <http://www.webmed.com>. 2020.

Esta fuerza tiende a extender la rodilla y es resistida por fuerzas musculares que tienden a flexionar la rodilla. La combinación de estas fuerzas, requiere una fuerza de reacción articular sobre el platillo tibial, la cual se produce en la región anterior de este último.

Cuando la persona avanza y el peso de su cuerpo se apoya en un solo pie, el eje de gravedad cae por dentro de la rodilla hasta el polígono de apoyo correspondiente; y el peso que la rodilla soporta, es aproximadamente el noventa y tres por ciento (93%) del peso corporal, a excepción del peso de la parte distal de la extremidad. Para mantener la estabilidad del cuerpo, contrarrestando la fuerza de la gravedad, es necesaria la acción de muchos músculos. Esto significa que la fuerza que ejercen los mismos y el peso del cuerpo deben ser iguales y en sentido contrario para mantener el cuerpo en equilibrio.

Finalmente, en cuanto se refiere a los componentes musculares responsables de los movimientos de la rodilla, es importante mencionar que, debido al punto de su origen y al punto de su inserción, algunos de los músculos, actúan únicamente sobre la articulación de la rodilla. Por esa razón se dice que son uniarticulares. La mayoría, sin embargo, son biarticulares. Algunos de estos últimos, tienen su origen en la pelvis y atraviesan la articulación de la cadera y la rodilla, y otros, se originan en el extremo distal del fémur, y atraviesan la articulación de la rodilla y el tobillo. Por esta razón, resulta muy importante recordar los componentes musculares propiamente dichos, cuya contracción es responsable de la movilización del miembro inferior y específicamente los que actúan sobre el complejo articular de la rodilla en las actividades funcionales en las que está implicada la locomoción.

## **2.4 La locomoción como base del análisis de los gestos implicados en el karate.**

Las actividades funcionales que implican el desplazamiento del cuerpo de un lugar a otro, teniendo previsto un punto de llegada son denominadas genéricamente *locomoción*. Las formas básicas de la locomoción son la marcha y la carrera. El elemento que distingue mayormente a una de la otra, es la velocidad que la persona que las realiza, les imprime.

Sin embargo, mientras la característica de la marcha es que el peso del cuerpo siempre se encuentra al menos, sobre una de las extremidades inferiores; la característica de la carrera es que, en algún momento, el cuerpo pierde el apoyo de ambas extremidades inferiores y se encuentra en el aire (Wells, 1989).

La combinación de dos o más de estas formas básicas de traslado y/o la alteración del ritmo del patrón básico de movimiento, produce actividades locomotoras adicionales. Este es el caso de los gestos deportivos implicados en la práctica de las artes marciales. Por esta razón, se considera que el conocimiento teórico-práctico acerca de la biomecánica de la locomoción normal, es crítico para todos los involucrados en las actividades relacionadas con dichas artes (incluido el karate).

De acuerdo con Viladot (2001), la locomoción es un complicado proceso de transformación de una serie de movimientos angulares controlados y coordinados que se realizan simultáneamente entre los miembros inferiores y el tronco, lo cual permite el desplazamiento del cuerpo, en el espacio. Para comprender mejor lo anterior, es importante mantener en mente un concepto fundamental: *la postura*.

El término *postura* tiene muchos significados de acuerdo con la experiencia o el interés de la persona que lo utilice. Según Cooper & Glassow (1973), la utilización de dicho término puede ser rastreada en el tiempo hasta el año en que Braune & Fischer (1889), estudiosos del fenómeno de la locomoción humana, se concentraron en la identificación de los elementos anatómicos y biomecánicos que les permitirían localizar el centro de gravedad y determinar la forma en que el mismo se comporta en los diferentes momentos del desplazamiento normal del cuerpo en el espacio. Lo anterior les llevó a concebir un modelo al que denominaron *postura normal* en el cual, una línea vertical trazada desde el tobillo, intersectaba al eje de las articulaciones de la rodilla, la cadera y el hombro y llegaba hasta la oreja. Respecto a este modelo, Cooper & Glassow (1973), mencionan que Braune & Fischer nunca puntualizaron que esa postura debía ser considerada el ideal. Sin embargo, la difusión de este modelo fue tan amplia que llegó a ser considerado el patrón postural ideal, particularmente con base en la relación de este tipo de postura, con el buen funcionamiento de los órganos internos.

La trascendencia del desarrollo de este modelo es que ha resistido la prueba del tiempo y hasta el día presente constituye el patrón postural de referencia utilizado para estimar el grado de desviaciones del alineamiento que se considera normal tanto para los elementos constitutivos del esqueleto axial, como de los pertenecientes al esqueleto apendicular.

Metheny (1952), citado por Cooper & Glassow (1973) había mencionado ya, que no existe una única postura óptima para todas las personas, porque cada una de ellas debe contar con el cuerpo que posee y sacarle el mayor provecho posible. En esta perspectiva, la mejor postura para cada persona es aquella en la cual todos los segmentos de su cuerpo se encuentran equilibrados en la posición que puede garantizarle el máximo sostén y el menor esfuerzo posibles.

El movimiento intencionado es un elemento fundamental para la realización de actividades funcionales, incluidas aquellas propias de algún deporte. Para poder realizar este tipo de actividad, las personas deben ser capaces de asumir una postura que se concibe como inactiva o activa, dependiendo del grado de actividad muscular que la misma requiera. Una postura inactiva es aquella que el cuerpo adopta durante el reposo o el sueño. En esta postura, la actividad muscular voluntaria se reduce y las demandas impuestas sobre la musculatura responsable del mantenimiento de las funciones orgánicas esenciales, son mínimas. Por el contrario, el mantenimiento de una postura activa demanda la participación conjunta de una gran cantidad de músculos (Gardiner, 1968). La postura de tipo activo, puede ser analizada en dos modalidades: estática y dinámica. La intensidad y distribución del trabajo muscular que se requiere para asumir tanto la postura estática como la dinámica, varían de acuerdo con el tipo de postura de que se trate y las características físicas de cada persona.

Finalmente, Wells (1989) destaca que, dada la complejidad del análisis de la postura; el conocimiento acerca de la misma todavía resulta escaso. Por esa razón el estudioso debe ser muy cuidadoso al adherirse al concepto que establece la existencia de una postura ideal cuyos puntos de referencia han sido definidos para siempre.

La postura normal es la que mejor se adapta a un individuo particular, de acuerdo con su propia constitución y las condiciones del ambiente en el que desarrolla su actividad vital (Wells, 1989).

2.4.1 Posiciones fundamentales. Citando la perspectiva teórica de Sherrington (1953), Gardiner (1968) menciona que la postura sigue al movimiento, como una sombra; porque cada movimiento empieza en una postura y termina en una postura. Las posturas desde las cuales se inicia el movimiento, se denominan posiciones fundamentales. Según Gardiner, la estabilidad en estas

posiciones, se mantiene por un equilibrio de fuerzas que actúan sobre el cuerpo. La contracción muscular que se aplica con este propósito, es de tipo isométrico. La potencia y distribución de este tipo de contracción se encuentra regulada por una serie de reflejos conocidos en conjunto como *reflejos posturales*. Pero, durante el proceso de aprendizaje de posiciones derivadas de las fundamentales, se requiere de la voluntad y el esfuerzo de la persona que aprende.

El aprendizaje de las posiciones básicas desde las cuales es posible ejecutar las diferentes técnicas que existen en Karate, resulta crucial. Cada posición posee una serie de particularidades que la hacen diferente de las demás y la identifican como la más indicada para defensas o ataques, sean éstos frontales o laterales. El aprendizaje de la interrelación existente entre las mismas, es necesario para el progreso técnico del estudiante de karate a partir de la comprensión de la esencia del karate (*bunkai*) y forma parte del desarrollo de los *katas* que, una vez alcanzado el grado de dominio necesario, permiten iniciar los desplazamientos propios de esta disciplina deportiva.

Entre las posiciones fundamentales cuyo dominio es básico en el estilo Shotokan, se encuentran predominantemente, las más bajas, en las que el centro de gravedad se encuentra más cerca del suelo y, por ende, son posiciones sólidas y estables, aunque, debido a esto, requiere mayor fuerza para la correcta ejecución de estas posiciones y la transición de una posición a la siguiente suele ser más demandante (Pozo, Bastien, & Dierick, 2011). Según los mencionados autores, estas posiciones obligan a los músculos del tren inferior a mantener contracciones de tipo isométrico que viabilizan el desarrollo de los componentes de fuerza y resistencia necesarios para la práctica del karate.

En muchas de las posiciones, la cadera puede estar orientada al frente (para los ataques) o lateralmente (para las defensas), e incluso orientada al lado contrario (para defensas o ataques circulares con el brazo de palanca de la pierna atrasada).

En el estilo *Shotokan*, se enfatiza la necesidad de que la rodilla y la tibia mantengan su orientación hacia fuera para que la posición sea lo más estable posible. La descripción de las posiciones fundamentales, incluidas en este estilo, se encuentra fuera de los objetivos de este estudio, por esta razón únicamente se hace mención de las siguientes: *Zenkutsu dachi* (posición del arquero), *Kiba dachi* (posición del jinete) y *Fudo dachi* (posición del guardián).

*Zenkutsu dachi* (posición del arquero), que es una posición adelantada, o de ataque. En esta posición, el sesenta por ciento del peso del cuerpo recae sobre el miembro inferior adelantado, cuya rodilla se encuentra flexionada y debe ser estabilizada verticalmente sobre el dedo gordo, para evitar que gire hacia dentro. El cuarenta por ciento restante, permanece sobre el miembro inferior que se encuentra atrás, mismo que conserva la rodilla ligeramente flexionada. Es aplicable cuando el karateca persigue ejecutar un ataque directo, aunque también es aplicable como parte de una técnica defensiva, mediante patadas y golpes circulares.

*Kiba dachi* (posición del jinete), que es una posición en la cual los miembros inferiores permanecen con ambas caderas flexionadas y en ambos miembros inferiores, la rodilla cae perpendicularmente sobre el dedo gordo. En esta posición el objetivo es repartir el peso del cuerpo a partes iguales entre ambas piernas. Los pies se mantienen paralelos proyectados hacia el frente con las plantas apoyadas. El eje de gravedad cae dentro de la base de sustentación y cada miembro inferior sostiene el cincuenta por ciento del peso del cuerpo. Puede ser utilizada como posición de arranque para efectuar patrones de ataque o defensa y desde la misma también pueden ser ejecutadas técnicas de pierna (patadas).

*Fudo dachi* (posición del guardián). Es una posición muy sólida, intermedia entre las posiciones denominadas *zenkutsu dachi* y *kiba dachi*.

Es aplicable tanto a las técnicas ofensivas, como a las defensivas. En esta posición, ambos miembros inferiores mantienen las rodillas flexionadas con los pies totalmente apoyados en sus plantas y proyectándose hacia el frente. El eje de gravedad se encuentra en el punto medio entre ambos pies (cae dentro de la base de sustentación). Cada miembro inferior soporta el cincuenta por ciento del peso corporal.

2.4.2 Patrones funcionales de movimiento propios del karate. En la perspectiva de análisis de los desplazamientos propios del karate, con base en la locomoción normal (o marcha), es importante recordar que, al caminar, el objetivo principal es el desplazamiento horizontal del cuerpo en el espacio, con el menor gasto posible de energía mecánica y fisiológica. El movimiento de los miembros durante la progresión, persigue lograr que el desplazamiento vertical y lateral del centro

de gravedad de la cabeza, los brazos y el torso; sea simétrico y de poca amplitud, para conservar tanto la energía cinética, como la energía potencial.

Según Wells, en la locomoción ocurren tres tipos de movimientos: *flexión y extensión* en la articulación de la cadera, la rodilla y el tobillo; *abducción y aducción* (particularmente en la articulación de la cadera), y *rotación* en la cadera y la rodilla. Independientemente de que los músculos actúen como agonistas o antagonistas en un movimiento determinado, su acción tiende a la estabilización de las articulaciones (durante el apoyo y la liberación del peso) y a acelerar y/o decelerar (regular) los movimientos provocados por la acción de la gravedad (particularmente en la articulación de la cadera).

Según Díaz (2011), citado por Cabezas Toro (2019), el Karate-do es un arte marcial en el que se coordina la fuerza, la respiración, el equilibrio y la postura, el correcto giro de la cadera y la conexión conjunta de músculos y extremidades, trasladando gran parte del peso corporal y del centro de gravedad al impacto. Generalmente se busca derrotar al adversario mediante un solo impacto contundente parecido a la estocada o corte de un sable japonés. El karate se practica tanto en la modalidad de combate imaginario contra uno o varios adversarios (Kata), como en la modalidad de combate contra adversarios reales que se enfrentan en el contexto de una competencia (Kumité).

De acuerdo con Gutiérrez-Dávila (2015), el aprendizaje del kata cuyos componentes básicos son fundamentales para el desarrollo del *kumité*, debe llevarse a cabo bajo la guía de un instructor calificado cuya función es facilitar al alumno la adquisición de habilidades y destrezas le permitan lograr un dominio adecuado de las técnicas.

Parlebas (2001), citado por Avelar y otros (2015), menciona que la lógica interna (*bunkai*) de cada kata se manifiesta en situaciones motrices caracterizadas por una serie de rasgos pertinentes, los cuales deben ser ejecutados en una secuencia particular. Lo anterior, implica que el perfeccionamiento del desempeño deportivo requiere de la correcta aplicación de la técnica y mantener en mente los requisitos de distancia, velocidad, potencia, y tiempo necesario para llevar a cabo tanto las acciones de tipo ofensivo como defensivo, como si se tratara de una competencia real.

Según Chaabène y sus colegas (2012), citados por Martínez y otros (2013), el gesto deportivo implicado en la práctica del karate demanda la producción de movimientos tanto de los miembros inferiores como de los miembros superiores. Estos movimientos demandan gran velocidad de ejecución y despliegue de fuerza explosiva que constituyen criterios fundamentales para la puntuación que se asigna a los karatecas en el momento de una competencia.

Aunque pudiera resultar difícil concebir el desplazamiento que ocurre durante la ejecución de un kata, como un equivalente del desplazamiento que ocurre mientras una persona camina; es importante mantener en mente que, el elemento que sirve de base para el análisis de todos los gestos del karate que implican el desplazamiento del cuerpo de un lugar a otro, es el análisis de la locomoción normal.

Para el análisis del desplazamiento del karateca, los movimientos del miembro inferior que intervienen durante la marcha, sobre un terreno uniforme Sido divididos en dos fases (Viladot, 2001): fase de balanceo y fase de apoyo. La fase de *balanceo* ocurre cuando el miembro inferior está separado del suelo. La de *apoyo*, cuando está en contacto con el mismo, recibiendo y soportando el peso del cuerpo (ver figura 10).



**FIGURA 10. FASES DE BALANCEO Y APOYO DEL MIEMBRO INFERIOR DERECHO**

**Fuente: O'Rahilly, R. (1989) Anatomía.**

Ambas fases conforman el denominado *ciclo de la marcha*. Un ciclo de marcha es el período que va del momento en que se apoya uno de los pies, al momento en que vuelve a apoyarse el mismo pie.

Durante el desarrollo del proceso, el centro de gravedad se desplaza tanto hacia arriba y hacia abajo (desplazamiento vertical), como de un lado al otro (desplazamiento horizontal). Los

desplazamientos verticales ocurren hacia arriba y hacia abajo dos veces durante cada ciclo. Lo anterior significa que cuando un miembro inferior se extiende durante su fase de apoyo, el cuerpo se eleva, y vuelve a hacerlo, durante la fase de apoyo del otro miembro inferior. Los desplazamientos verticales durante el desplazamiento del cuerpo son visibles aun para un observador casual, como *movimientos de sube y baja* de la cabeza y pueden variar de un individuo a otro, de acuerdo con la estructura corporal que le es propia. Los desplazamientos horizontales, son visibles como movimientos del cuerpo de un lado a otro, cuando la persona que se desplaza es observada por delante o por detrás.

## **2.5 Análisis de la patada frontal implicada en la práctica del karate.**

En las técnicas de pierna, es fundamental la posición del tronco, los brazos, el tobillo y la planta del pie de apoyo (Jiku Ashi), así como no perder de vista las prospectivas zonas de impacto y la trayectoria necesaria. Es muy importante subir correctamente la rodilla y recogerla de la forma y en el tiempo correctos. Igual importancia se concede a la pierna que ejecuta la técnica como al resto del cuerpo, cuyo buen funcionamiento contribuye a la ejecución de la técnica.

La *patada* puede ser definida como el movimiento que, partiendo de una flexión inicial de la rodilla, permite extender bruscamente la misma; a efecto de impulsar el miembro inferior en su totalidad e impactar con el pie, un objetivo determinado (Cooper & Glassow, 1973). La potencia de la patada, se deriva de la fuerza muscular del miembro inferior, que a su vez se deriva de la cantidad de fibras disponibles que poseen los músculos involucrados en esta acción particular. El dominio de la patada, en cualquiera de sus modalidades es básico, tanto en la modalidad de kata como en la modalidad de kumité. En esta última modalidad, esta técnica es susceptible de aplicación como una forma de ataque, de contra-ataque y aun como una forma de amago que permite al karateca estimar la velocidad de reacción de su contrincante. La amplitud del arco que describe el pie, así como la velocidad y la fuerza de la rodilla, condicionan la potencia de la patada.

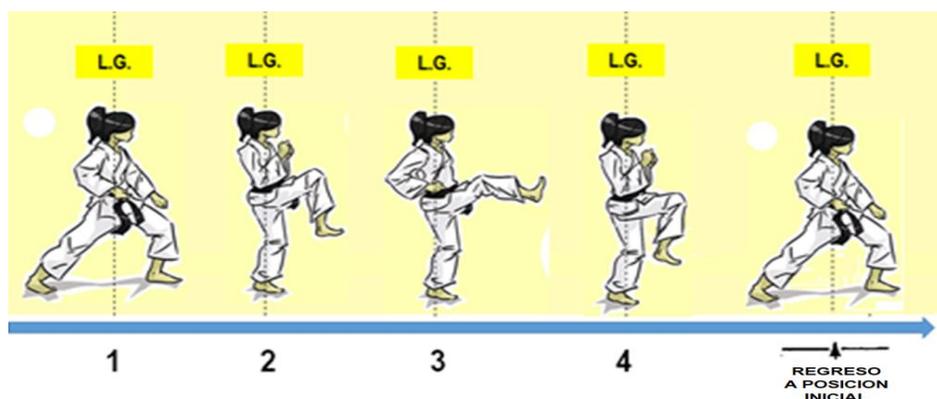
La patada frontal (denominada mae geri) y el salto vertical (incluido en la denominada mae tobi geri) son los gestos que mayor interés han despertado en los investigadores responsables de las pocas investigaciones relacionadas con las perspectivas cinética y cinemática del karate.

Desafortunadamente no existen estudios que permitan establecer la relación entre ambas variables, porque tal conocimiento permitiría al menos, establecer plenamente la relación existente entre la altura que un karateca alcanza en el salto vertical y la velocidad y el tiempo de ejecución de su patada frontal (Martínez, Balsalobre, Villaceros, & Tejero, 2013).

2.5.1 Análisis cinemático. La patada frontal se ejecuta desde la posición denominada *Zenkutsu Dachi*, que equivale a una posición de alerta en la que, toda vez que la dirección del próximo movimiento es absolutamente conocida, el peso del cuerpo se encuentra distribuido de manera diferenciada entre ambos miembros inferiores. El centro de gravedad es desviado hacia la dirección de la acción prevista. En una concepción simplificada de la patada frontal (*mae geri*), puede decirse que la misma (ver figura 11), se efectúa en dos tiempos (Pozo, Bastien, & Dierick, 2011):

- Flexión de la cadera en el plano sagital, con la rodilla flexionada y,
- Extensión de la rodilla hacia delante, en el mismo plano.

La descripción exhaustiva de las técnicas de pierna utilizadas en el karate, se encuentra más allá de los objetivos de este estudio. Sin embargo, para facilitar la comprensión de lo que ocurre durante la ejecución de la patada frontal (denominada *mae geri*), que forma parte de los gestos deportivos propios del karate, la misma será descrita brevemente desde el punto de vista de la cinemática y ha sido dividida artificialmente en una serie de fases (ver figura 11) en las que el karateca,

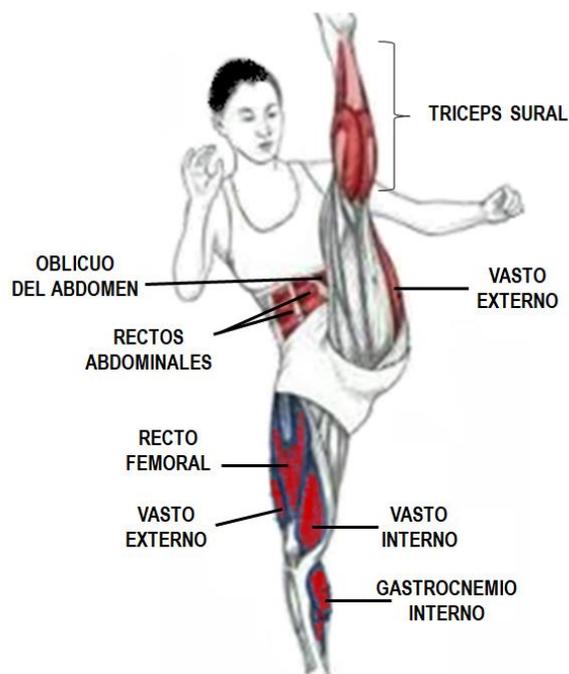


**FIGURA 11. SECUENCIA DE EJECUCION DE LA PATADA FRONTAL (MODALIDAD KATA)**  
La línea (o eje) de gravedad está representada por la línea vertical punteada que cae perpendicular a la flecha que identifica la dirección del desplazamiento horizontal del karateca.  
Fuente: <http://www.WikiHow.com> 2020.

1. Asume la posición de arranque, en la que el miembro inferior derecho (que deberá ejecutar la patada), permanece atrás de manera que pueda beneficiarse de la extensión, abducción y rotación interna máximas del componente proximal (la cadera) del patrón.
2. Flexiona, aduce y rota externamente el componente proximal del patrón (cadera), mientras la rodilla se flexiona tan alto como lo demande la altura del blanco en el que se desea hacer el impacto, manteniendo la flexión dorsal del tobillo con extensión de los artejos (exhibiendo las cabezas de los metatarsianos (koshi)).
3. Extiende súbitamente la rodilla, a efecto de impulsar el miembro inferior en su totalidad e impactar con las cabezas de los metatarsianos, el blanco establecido de antemano, evitando que el cuerpo caiga hacia atrás por efecto de la proyección de la cadera.
4. Retrae el miembro inferior que efectuó la patada, seguida de extensión, abducción y rotación interna de la cadera con extensión de la rodilla e inversión del pie.
5. Coloca en el piso el pie correspondiente al miembro inferior que efectuó la patada. El lugar donde coloque en pie, dependerá de que decida retroceder o avanzar hacia su contrincante.

En caso que el karateca decida retroceder colocará la pierna que efectuó la patada, en la posición desde la cual inició la secuencia de acercamiento a su oponente. Pero si desea avanzar hacia su adversario, deberá adelantarla y apoyarse en ella, a efecto de concluir el ciclo, lo cual significaría efectuar dos patadas (una con cada pierna) y apoyarse dos veces en el mismo pie.

2.5.1 Análisis cinético. La descripción de los componentes musculares que intervienen en las técnicas de pierna (particularmente en la patada frontal) no pretende ser exhaustiva. Sin embargo, considerando que la eficiencia y la eficacia de tal gesto dependen también, de la intervención de componentes ajenos al miembro inferior propiamente dicho; es importante analizarlo desde la perspectiva cinética (ver figura 12).



**FIGURA 12. ANALISIS CINETICO DE LA PATADA FRONTAL**

Fuente: <http://www.yahoo.espanol.images> 2020

El análisis de la participación muscular en un acto motor particular, es muy complejo, porque existe una serie de factores que condicionan la manera en que un músculo trabaja (Cooper & Glassow, 1973). Según Wells (1989), las fibras de los músculos de tipo esquelético se encuentran dispuestas en haces (fascículos). Dichas fibras son paralelas en cada haz, pero de acuerdo con la disposición de los fascículos en relación a los tendones, la estructura puede variar. La disposición de los haces musculares guarda estrecha relación con la fuerza que los músculos poseen y su arco de movimiento.

Es importante recordar que, al contraerse, los músculos se acortan de manera que su longitud es apenas mayor que la mitad de la que poseen en reposo. Por esta razón, el arco de movimiento que un músculo puede producir, aumenta en la medida que lo permite la longitud de sus fibras. En contraste, la fuerza de un músculo se deriva de la cantidad de fibras que lo constituyen, porque sus fibras poseen la capacidad de contraerse, independientemente de su longitud. Un músculo determinado puede poseer una cantidad relativamente limitada de fibras largas y otro, una cantidad relativamente abundante de fibras cortas, de manera tal que la disposición de sus fascículos constituye un término medio entre la fuerza y el arco de movimiento

que pueden producir (Tortora & Anagnostakos, 1989). Finalmente, entre los factores que condicionan la manera en que un músculo trabaja, se encuentran (Cooper & Glassow, 1973): La forma, el tamaño, la localización y la disposición de las fibras musculares; así como la naturaleza y longitud de los tendones de su nacimiento e inserción, además del hecho que se trate de un músculo uniarticular o biarticular.

Aunque pudiera parecer extraño, la fuerza de la patada no depende primordialmente de los músculos de la región del muslo. Resulta imprescindible, la participación de los músculos de la cadera: psoas e iliaco que son responsables de la amplitud externa del arco de movimiento denominado flexión de la cadera (Cooper & Glassow, 1973). De los músculos de la región anterior del muslo, únicamente el recto femoral (que forma parte del cuádriceps y es un músculo biarticular) contribuye a la flexión de la cadera, pero no es el motor principal. Ahora bien, una vez flexionada la cadera, la fuerza explosiva de la patada sí se deriva de la acción del cuádriceps.

El patrón de movimiento que demanda la aplicación de fuerza con el pie, es una variante de la carrera y por la misma razón, supone una modificación del patrón de locomoción. El puntapié, difiere de la marcha y la carrera, por el hecho de que la fuerza se aplica con la pierna en oscilación y no con la pierna de apoyo. En la fase final productora de la fuerza, la acción primordial es la extensión súbita de la rodilla. Aun cuando en la fase final no existe acción de la cadera o la misma, es muy limitada, esta articulación contribuye de manera importante en la fase productora de la fuerza (Cooper & Glassow, 1973).

Cuando el muslo oscila hacia adelante, lleva consigo la pierna y el pie. Durante este período se flexiona la rodilla y este movimiento lleva hacia atrás el pie. Sin embargo, debido a la acción del muslo y, a pesar de la acción de la rodilla, el pie se adelanta. Entonces, la pierna cuenta no únicamente con la velocidad desarrollada por la extensión súbita de la rodilla, sino también con la velocidad producida por la flexión de la cadera lo cual lleva toda la extremidad hacia arriba, en un movimiento continuado. Con la rotación de la pelvis, el puntapié cuenta con otra palanca útil que puede viabilizar la eficiencia del impacto. La acción del tobillo, en este patrón de movimiento, permite conseguir la posición más adecuada para el logro del impacto (Cooper & Glassow, 1973).

Es importante destacar que, de la altura que alcance el miembro inferior que patea, depende el lugar del impacto. Cuando el karateca efectúa la patada, la estabilidad del miembro inferior de apoyo, se deriva de la acción de los glúteos, los músculos de la corva, y el tensor de la fascia lata, así como del cuádriceps femoral. Sin embargo, es importante recordar que según Gardiner (1968), el equilibrio y la estabilidad en las diferentes posiciones fundamentales (en este caso, la posición de pie), son mantenidas por un equilibrio de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Este sería también el caso de las actividades deportivas cuyos gestos (postura dinámica) implican desplazamientos del cuerpo (horizontales y/o verticales) cuya velocidad por sí misma, determina la dificultad para mantener el equilibrio.

La dinámica de la patada frontal varía si se ejecuta en el contexto del kata o, por el contrario, se ejecuta en el contexto del kumité.

Una variante de la patada frontal (Mae Geri) es la *patada frontal en salto* (Mae Tobi Geri) cuyo alto grado de dificultad no únicamente demanda coordinación, gran potencia de las piernas y capacidad de mantener el equilibrio, sino que también implica un mayor grado de riesgo de sufrir lesiones. Puede ser ejecutada a partir de tres formas:

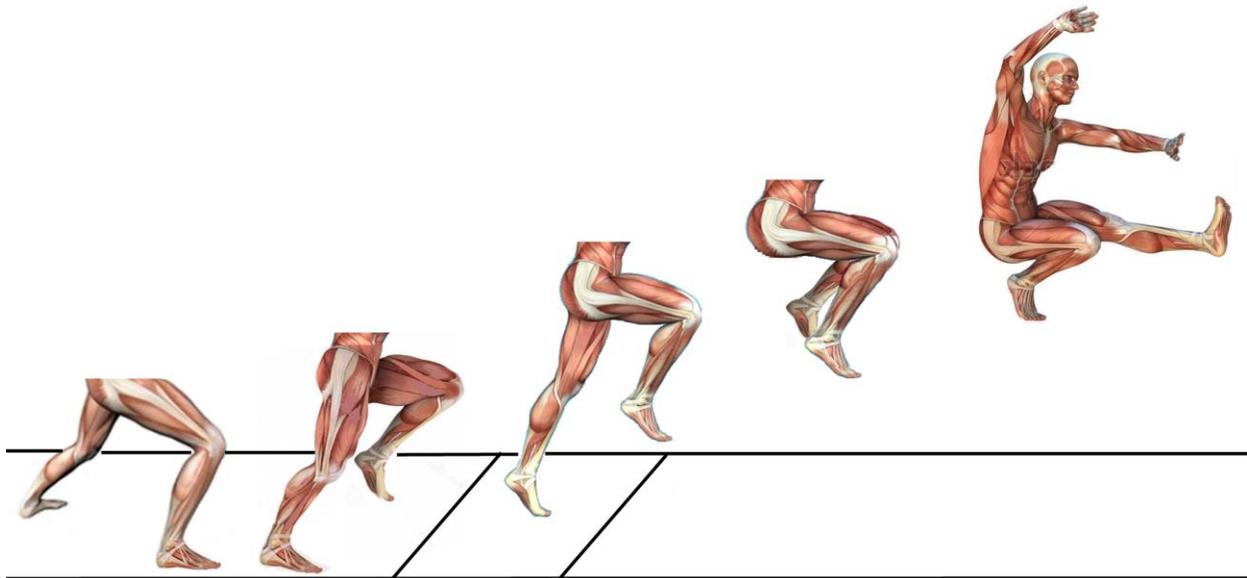
- Sin paso previo al salto (*mae tobi geri tan*). Se utiliza en distancias cortas.
- Con paso previo al salto (*mae tobi geri naga*). Utilizada en distancias largas. La potencia de la patada, es moderada.
- Con carrera de combate y paso previo al salto (*mae tobi geri naga sa*). Utilizada en distancias muy largas. La potencia de la patada es máxima.

Tanto los *pasos* como la *carrera de combate*, constituyen actividades instrumentales que permiten al karateca desplazar su cuerpo horizontalmente y generar al mismo tiempo, la velocidad y la potencia necesarias, para desplazar su cuerpo verticalmente en el espacio y viabilizar la eficiencia del impacto de la patada. Independientemente de que la *patada frontal en salto* se efectúe a partir de la posición inicial (sin pasos previos), a partir de pasos previos al salto, o a partir de una carrera de combate seguida de pasos previos al salto, es importante recordar que, la locomoción normal (incluidas las modalidades de carrera, salto largo y salto alto) son elementos que forman parte de este patrón funcional.

Al igual que sucede con otras formas de locomoción, en la ejecución del gesto deportivo implicado en la patada, resulta crucial mantener en mente que, aunque por lo general se piensa que únicamente los miembros inferiores participan de las denominadas *técnicas de piernas*, eso no es así. Es muy importante la colocación del tronco; los brazos, los tobillos y la planta del pie de apoyo, así como la trayectoria y las zonas que harán impacto en el contrincante. La longitud del arco que forma el pie al moverse, junto con la velocidad y fuerza de la rodilla, condicionan la potencia de la técnica de pierna. Es muy importante subir correctamente la rodilla y recoger el miembro inferior correctamente en términos de tiempo y forma. Tanta importancia tiene la pierna que ejecuta el gesto objeto de análisis como el resto del cuerpo, para lograr la eficacia y efectividad de una técnica.

En esta variante de la patada frontal, es importante considerar, además del rol de los músculos flexores de la cadera y los extensores de la rodilla, el rol de los flexores plantares cuya actividad potencializa la ejecución del salto vertical.

Para facilitar la comprensión de lo que ocurre durante la ejecución de la patada frontal en salto (denominada *mae tobi geri*), la misma será descrita brevemente desde el punto de vista de la cinemática y por esta razón ha sido dividida artificialmente en una serie de fases en las que el karateca (ver figura 13),



**FIGURA 13. ANALISIS CINEMATICO DE LA PATADA FRONTAL EN SALTO (MODALIDAD KATA)**

Fuente: <http://www.yahoo.espanol.images> 2020

1. Asume la posición de arranque, en la que el miembro inferior izquierdo (que deberá ejecutar la patada), permanece atrás de manera que pueda beneficiarse de la extensión, abducción y rotación interna máximas de la cadera (componente proximal del patrón).
2. Avanza hasta un punto en el que el miembro inferior que va a saltar tiene un apoyo firme. Sin embargo, este apoyo constituye únicamente una superficie de rebote, es decir; el punto a partir del cual el cuerpo efectúa la transición desde el desplazamiento horizontal al desplazamiento vertical del cuerpo.  
Por esta razón, cuando el pie se apoya, la rodilla se flexiona ligeramente con el fin de preparar el impulso, pivotando de regreso a la posición de salida (sobre el pie que le sirve de apoyo), mientras el otro miembro inferior se prepara para iniciar la secuencia necesaria para proyectar el cuerpo verticalmente hasta alcanzar la altura necesaria para efectuar la patada.
3. Se impulsa (mediante la flexión plantar del tobillo) y ejecuta el salto, mientras flexiona, aduce y rota externamente la cadera del miembro que efectuará la patada, al tiempo que la rodilla del mismo miembro inferior se flexiona tan alto como lo demande la altura del blanco previsto.
4. Alcanzada la altura conveniente, mantiene la cadera flexionada, aducida y rotada externamente y la rodilla flexionada tan alto como lo demande la altura del blanco en el que se desea hacer el impacto, conservando la flexión dorsal del tobillo con extensión de los artejos (exhibiendo las cabezas de los metatarsianos (koshi). Entonces, extiende súbitamente la rodilla, a efecto de impulsar el miembro inferior en su totalidad e impactar con las cabezas de los metatarsianos, el blanco establecido de antemano, evitando que el cuerpo caiga hacia atrás por efecto de la proyección de la cadera.
5. Retrae el miembro inferior que efectuó la patada, colocándolo en la posición previa a la patada.

## 6. Aterriza con ambos pies.

La adecuación de la postura dinámica, mediante el alineamiento de la cabeza, el tronco y los miembros superiores, permite la amortiguación del descenso del peso del cuerpo. De la misma manera, el automatismo que se deriva del dominio de las acciones necesarias para efectuar un gesto eficiente, permite al karateca la adecuación de los movimientos articulares de la rodilla y el tobillo hasta el punto que le permita absorber adecuadamente el impacto (Cooper & Glassow, 1973).

## **2.6 Lesiones más frecuentes en la práctica del karate.**

Citando un estudio desarrollado por Arriaza & López (1989), García (2014), destaca que, de dos mil novecientas lesiones atendidas, el mayor porcentaje estuvo constituido por lesiones de la rodilla (22.05%), seguido de lesiones del pie (13.14%), los artejos (12.14%), el tobillo (7.31%), lesiones músculo-tendinosas del muslo (6.2%) y de la columna vertebral (5.88%).

### 2.6.1 Las lesiones de la rodilla.

La naturaleza propia de los deportes de combate es lo que determina la ejecución de cierto tipo de movimientos y el despliegue de fuerza explosiva como elementos predominantes. Este hecho se considera una de las principales razones por las cuales, las lesiones de la rodilla, constituyen lesiones altamente prevalentes. A partir de los resultados de un estudio que desarrollaron Miyasaka, Daniels & Stone (1991), se determinó que de la incidencia de lesiones ligamentosas de la rodilla (experimentada por la población en general), aproximadamente dos tercios de las lesiones tenían origen deportivo; sobre todo en sujetos jóvenes y activos, con una incidencia mayor, en deportes de contacto.

Según Miyamoto, Bosco & Sherman (2009), citados por Cabezas y otros (2019), los gestos implicados en la dinámica propia del karate (particularmente los desplazamientos y los saltos que son efectuados durante un combate real o imaginario), producen una sobrecarga de las estructuras anatómicas de las extremidades inferiores. Lo anterior incrementa el grado de riesgo de lesiones

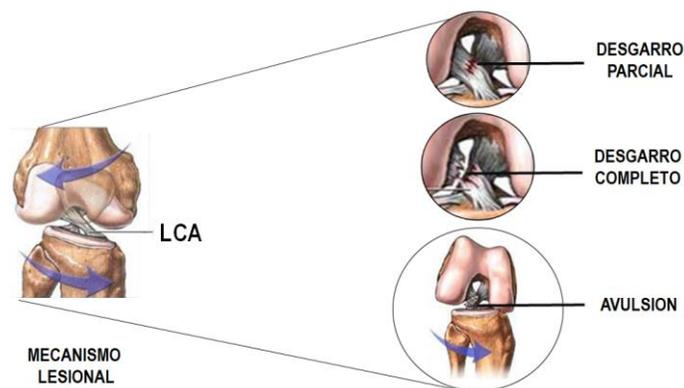
musculares y articulares, particularmente a nivel de la rodilla y determina que tales lesiones sean recurrentes y el período de su recuperación, muy lento.

## 2.6.2 La lesión del ligamento cruzado anterior.

Según Vaquero y otros (2008), citados todos por Alvarez & García (2015), las lesiones del LCA tienen una prevalencia de alrededor de 3/10,000 habitantes por año en la población general.

Esta incidencia es más elevada en personas que practican deportes de contacto, entre ellos, los de combate. La ocurrencia de lesiones ligamentosas en la rodilla en el transcurso de la práctica del karate, está asociada básicamente a las exigencias físicas de este deporte y puede decirse que la prevalencia de tales lesiones es significativamente alta.

2.6.2.1 Etiopatogenia de la lesión. La desaceleración súbita y las maniobras rotatorias exponen al ligamento cruzado anterior (LCA) al riesgo de lesión. La mayoría de las lesiones parciales del LCA anterior se deben a actividad deportiva sin contacto. El mecanismo de lesión implica una rotación externa del fémur sobre un miembro inferior fijado o rotación interna de la tibia respecto del fémur mientras se aplica un momento de valgo a la articulación de la rodilla (ver figura 14).



**FIGURA 14. LESION DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**  
Fuente: <http://www.medlineplus> 2020

La lesión del LCA ocurre cuando los ejes del fémur y la tibia rotan en direcciones opuestas al mismo tiempo, mientras el miembro inferior sostiene todo el peso del cuerpo (Hansen & Lambert, 2006). La lesión puede ocurrir, también:

- Cuando una persona que corre, se detiene repentinamente.
- Cuando una persona que corre, reduce la velocidad y cambia de dirección repentinamente.
- Cuando una persona que salta, aterriza descuidadamente.
- Cuando un deportista, recibe un golpe directo en la rodilla.

2.6.2.2 Factores de riesgo. Hay una serie de factores que aumentar el riesgo de sufrir una lesión del ligamento cruzado anterior, entre ellos (Orizola & Zamorano, 2012):

- Deficiente condición física.
- Dominio insuficiente de la técnica deportiva.
- Ser mujer (el LCA es más pequeño en la mujer, al igual que la escotadura intercondílea).

Se considera que, en el caso de las mujeres, la lesión está relacionada con las alteraciones del ángulo Q, la morfología de la articulación, las dimensiones pélvicas, el tipo de entrenamiento, el estado hormonal, la disminución de la actividad protectora de los estabilizadores dinámicos de la rodilla (cuádriceps y músculos de la corva), y la disminución en las fuerzas de cizallamiento anterior por contractura muscular.

De acuerdo con Orizola & Zamorano (2012), existe gran diferencia entre los resultados de los diferentes estudios de incidencia, y las aproximaciones con relación a la etiología de esta diferencia necesitan mayores niveles de evidencia. Sin embargo, se considera que el hecho de que actualmente la población femenina tenga una mayor participación en deportes de contacto, ha determinado que su riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior (LCA); sea desde cuatro hasta ocho veces mayor que el grado de riesgo que enfrentan los hombres que practican el mismo deporte.

2.6.2.3 Signos y síntomas. Entre los síntomas iniciales de una lesión del LCA, se encuentran los siguientes (AAOS, 2012):

- Dolor, intenso e incapacidad para continuar la actividad que se estaba efectuando.
- Sensación de inestabilidad en la articulación.

- Limitación al movimiento.
- Edematización de curso rápido.

Según Fetto & Marshall (1980), Noyes y otros (1983) y Noyes y otros (1989), citados todos por De Franco & Bach (2009), al igual que las personas que sufren un desgarro completo del ligamento cruzado anterior, las que presentan una lesión parcial pueden referir una sensación de desgarro o un estallido, así como dificultad incapacidad para proseguir la actividad que estaban desarrollando. Según DeHaven (1980) y Noyes y otros (1980), citados también por De Franco & Bach (2009), por lo general, en las lesiones parciales el dolor en la rodilla está mal localizado y *puede* haber hemartrosis. Pero la ausencia de este último elemento no debería permitir que el médico descarte, una lesión completa del ligamento cruzado anterior.

Según Finsterbush, Frankl & Mann (1989) y, Chun, Lee & Yang (2002), citados por DeFranco & Bach (2009), el desgarro parcial del ligamento puede actuar como un bloqueo mecánico que impide la extensión completa de la rodilla. Dicho de otra manera, se produce una obstrucción mecánica cuando el segmento desgarrado del ligamento queda atrapado entre el cóndilo femoral externo y el platillo tibial externo. Según Lintner y otros (1995), citados por DeFranco & Bach (2009), otras causas de obstrucción podrían ser desgarros meniscales desplazados o fragmentos osteocondrales desprendidos en el mismo momento de la lesión del LCA.

2.6.2.4 Implicaciones funcionales. Durante las últimas décadas ha sido notable el desarrollo del conocimiento acerca del ligamento cruzado anterior (LCA). Siendo uno de los aspectos del área médica sobre los que más se ha investigado, han sido múltiples los estudios de histología, anatomía y biomecánica, así como los estudios clínicos, que ha sido publicados hasta el presente. Según Muller (1994), citado por Muñoz & Avendaño (2000), contrario a lo que se comúnmente se dice, la articulación de la rodilla *no es una bisagra*, puesto que presenta seis grados de libertad de movimiento, divididos en dos grupos: traslacionales y rotacionales. Los movimientos de traslación tienen lugar en varios sentidos (anterior-posterior, medial-lateral, proximal-distal), al igual que las rotaciones (interna-externa, flexión-extensión, varo-valgo). Su radio de rotación y traslación varía con el movimiento de la rodilla, siendo de 1:2 en los primeros grados de flexión y de 1:4 en los últimos grados.

A este respecto, Garth (1992), Larson & Taillon (1994) y Takeda y otros (1994), citados también por Muñoz & Avendaño (2000), puntualizan que dentro de esta libertad de movimientos, el ligamento cruzado anterior actúa como el *principal restrictor primario* de la traslación anterior de la tibia sobre el fémur y contribuye entre el ochenta y cinco y el ochenta y siete por ciento de la fuerza restrictiva en este sentido, cuando la rodilla se flexiona dentro del rango comprendido de los treinta a los noventa grados.

De acuerdo con Madey, Cole & Brand (1993), citados también por Muñoz & Avendaño (2000), a partir de los resultados de estudios de tipo histológico, se ha demostrado la presencia de elementos mecanorreceptores, así como la existencia de terminaciones nerviosas libres dentro de la articulación de la rodilla. Los elementos mencionados se encuentran localizados principalmente en el tejido conectivo subsinovial que rodea al ligamento cruzado anterior y se expande entre los fascículos de colágeno. Según los autores citados por Muñoz y Avendaño (2000), al parecer, las terminaciones nerviosas libres intervienen en la *nocicepción*; mientras que los receptores de Golgi y de Ruffini responden a la tensión y los de Pacini, a la presión.

El conocimiento relacionado acerca del hecho que todos estos receptores envían información al sistema nervioso central (SNC), sobre la posición de la rodilla, ha permitido estimar con mayor precisión las implicaciones funcionales de la interrupción de la vía aferente, que se deriva de la lesión del ligamento cruzado anterior.

Según Forriol & Ripoll (2012) existen razones biológicas que explican la dificultad que el LCA (un ligamento en forma de cordón y rodeado por sinovial), tiene para cicatrizar y recuperar sus propiedades biomecánicas. Citando a Palmer (1938), destacan que, la ruptura total de un fascículo del ligamento cruzado anterior es incapaz de curar espontáneamente, lo cual se debe a la falta de circulación sanguínea, razón por la que también se atrofia con mucha rapidez.

De acuerdo con Forriol & Ripoll (2012), las investigaciones de Arnoczky y otros (1979) y Arnoczky (1983), han demostrado que, la vascularización del ligamento cruzado posterior (LCP) viene de arriba abajo e incluso llega a la porción media del mismo. Por el contrario, la vascularización del LCA únicamente viene de lo distal a lo proximal.

Este hecho que explica que, cuando el LCA se desgarró en su porción femoral, la consecuencia es su atrofia inmediata.

Según Barrett (1991), citado por Muñoz & Avendaño (2000), además de los efectos puramente mecánicos de la inestabilidad anterolateral; la rodilla con insuficiencia del LCA carece de un adecuado sentido de la posición articular, porque la información propioceptiva aferente se origina en los receptores colaterales y capsulares no lesionados y, toda vez que la rodilla con inestabilidad anterolateral se desliza en un eje anormal de movimiento; la información propioceptiva generada por los receptores remanentes es desorganizada y, por consiguiente, la interpretación cortical de la misma acerca de la posición de la rodilla se altera. Esto tiene como consecuencia una alteración del patrón de marcha del individuo, quien trata de evitar la traslación anterior de la tibia, es decir; trata de evitar que la pierna *se le vaya*. Finalmente, este patrón de marcha disfuncional desencadena cargas anormales sobre la articulación, que originan la osteoartrosis.

2.6.2.5 Diagnóstico. Según la Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas (2012), el diagnóstico de las lesiones ligamentosas de la rodilla es fundamentalmente clínico y se basa tanto en los antecedentes de la lesión, así como la exploración que se lleva a cabo. Sin embargo, de acuerdo con Hole y otros (1996), citados por DeFranco & Bach (2009), el examen clínico no permite identificar de manera fiable las lesiones parciales, ni siquiera cuando hasta el setenta y cinco por ciento (75%) del ligamento estuviera desgarrado.

Por lo general, una persona con una lesión del LCA llega al servicio de emergencia con dolor e impotencia funcional total de la rodilla afectada. Comúnmente se observa un aumento marcado en el volumen de la articulación y, eventualmente podría notarse desde los primeros momentos equimosis y hematomas. A la palpación, se percibe aumento de la temperatura local característico de la hemartrosis traumática (Alvarez & García, 2015). En primera instancia, resulta sumamente importante investigar el contexto dentro del cual se produjo la lesión, así como el mecanismo de producción de la misma.

El médico evalúa la rodilla del deportista para verificar el grado de sensibilidad, fuerza y laxitud del ligamento lesionado, comparando los resultados de las pruebas, con los que obtiene del miembro normal.

Según Hole y otros (1996), citado por De Franco & Bach (2009), el diagnóstico clínico de un desgarro parcial del ligamento cruzado anterior se basa en el grado de laxitud detectado en el examen físico, por encima de cierto umbral, en comparación con la rodilla no lesionada. Toda vez que, aún una lesión aislada del LCA suele producir dolor y dificultad o incapacidad para caminar, el médico debe solicitar adicionalmente, pruebas radiológicas para descartar lesiones óseas y/o una resonancia magnética (IRM) para evaluar la posibilidad de lesión de tejidos adyacentes. Las lesiones del LCA, ha sido clasificadas de acuerdo con los siguientes criterios (Alvarez & García, 2015):

- Según la extensión del daño en el espesor del LCA. Se considera que las lesiones son parciales o totales.
- Según el grado de involucramiento de estructuras articulares. Se considera que las lesiones son aisladas, cuando únicamente se ha lesionado el LCA. Las lesiones son combinadas, cuando están asociadas a lesiones de los meniscos, los ligamentos colaterales (lateral/medial) y/o han afectado el cartílago articular. En este punto, es importante recordar la tan temida *triada infeliz de la rodilla*, en la cual la rodilla se va hacia adentro (valgo con lesión del Ligamento colateral interno), luego rota bruscamente la tibia (lesionando el compartimento posteromedial y el ligamento cruzado anterior).
- Según el tiempo transcurrido desde el momento de la lesión. Se consideran lesiones agudas, aquéllas cuyos efectos han sido experimentados durante un período menor a cuatro semanas y, crónicas, aquéllas que superan las cuatro semanas.

Adicionalmente, según la extensión del daño en el espesor del ligamento, los esguinces han sido clasificados también, de la manera siguiente (Alvarez & García, 2015):

Cuando la lesión del ligamento involucra hasta el veinticinco por ciento de sus fibras, se dice que existe un esguince grado I. Si la lesión alcanza hasta el cincuenta por ciento de las fibras,

existe un esguince grado II y, si alcanza más del setenta y cinco por ciento de las fibras es un esguince grado III.

Las pruebas de Lachman, del cajón anterior, de desplazamiento del pivote y las pruebas artrométricas; son los métodos más comunes para efectuar la evaluación cuando se sospecha una lesión del LCA.

Según Torg, Conrad & Kalen (1976) y Lubowitz, Bernardini & Reid (2008), citados todos por DeFranco & Bach (2009), la prueba del cajón anterior todavía se considera un medio para evaluar la laxitud del ligamento cruzado anterior, pero puede no ser un parámetro confiable de laxitud anterior de la rodilla. Particularmente, cuando un paciente presenta una lesión aguda, y los espasmos de los tendones del hueso poplíteo y la flexión de la rodilla en noventa grados (90°) causan un dolor tal que dificulta practicar un examen preciso. Además, los estabilizadores secundarios de la rodilla (el contorno óseo de la articulación, los cuernos posteriores de los meniscos y el ligamento colateral interno) también pueden interferir con la posibilidad de efectuar una verdadera evaluación de la traslación anterior de la rodilla.

Según Fetto & Marshall (1980), Amis & Dawkins (1991) y Hole y otros (1996), citados también por De Franco & Bach (2009), por lo general el resultado de la prueba del cajón anterior es anormal, cuando también hay lesión de otras estructuras. Por esta razón los autores mencionados por De Franco & Bach, destacan que los resultados de estudios biomecánicos han revelado que, debido a que hay mayor tensión del LCA en flexión de 30° que en flexión de 90°, la prueba de Lachman, es más confiable que la prueba del cajón anterior, para detectar la insuficiencia del ligamento cruzado anterior.

De acuerdo con Hole y otros (1996), citados por DeFranco & Bach (2009), la sección del ligamento cruzado anterior también determina más traslación anterior en flexión de treinta grados (30°) que en flexión de noventa grados (90°). Pero para evitar que los estabilizadores secundarios interfieran con el examen, la tibia debe estar en rotación neutra durante la prueba de Lachman.

Sin embargo, aun así, algunos datos obtenidos en estudios cadavéricos indican que para que sea posible detectar laxitud anterior anormal en el examen físico debe haber una lesión sustancial del ligamento cruzado anterior.

Según DeFranco & Bach, lo anterior llevó a Lintner y otros (1995), Hole y otros (1996) y a Fritschy y otros (1997); a considerar que puede ser difícil distinguir un ligamento cruzado anterior con un desgarro parcial, de un ligamento cruzado anterior indemne y a destacar el hecho de que en los estudios anteriormente mencionados; fueron observados aumentos significativos ( $p < 0,05$ ) de la traslación, *sólo después* de seccionar; tanto el fascículo posterolateral como la mitad del fascículo anteromedial, y después de la sección completa del ligamento cruzado anterior.

En el mismo estudio, únicamente dos de dieciocho exámenes llevaron a la correcta identificación de un ligamento cruzado anterior con una sección parcial cuando se había seccionado el fascículo posterolateral. Por esta razón Hole y otros (1996), citados por DeFranco & Bach (2009), llegaron a la conclusión de que podría ser que estos resultados indiquen que el fascículo posterolateral es dominante con respecto a la imitación de la traslación anterior o bien que, incluso el cincuenta por ciento (50%) del ligamento cruzado anterior sea suficiente para mantener un examen físico normal.

Según Lintner y otros (1995), citados por DeFranco & Bach (2009), de acuerdo con los resultados de un estudio cadavérico, no fue posible detectar diferencias entre un ligamento cruzado anterior en el que se había seccionado el fascículo anteromedial y un ligamento cruzado anterior intacto, mediante examen clínico ni mediante pruebas artrométricas. De acuerdo con Fritschy y otros (1997) citados por De Franco & Bach (2009), algunas fibras del ligamento cruzado anterior permanecen indemnes después de un desgarro parcial y, por lo tanto, no hay laxitud anterior inicial de la rodilla, lo cual dificulta el diagnóstico clínico. Esta evidencia indica que, en algunos casos, *un desgarro de un solo fascículo puede no ser detectable en el examen físico*. Sin embargo, en cualquier caso, un resultado asimétrico de la prueba de Lachman señala una lesión del ligamento cruzado anterior, que requiere mayor investigación.

Adicionalmente, una prueba de desplazamiento del pivote positiva, representa el fenómeno de subluxación-reducción asociado con una rodilla que tiene deficiencia funcional del ligamento cruzado anterior. Respecto a esta prueba, Bach, Warren & Wickiewicz (1988), citados por DeFranco & Bach (2009) puntualizan que la prueba de desplazamiento del pivote; es mejor aún que la del cajón anterior o la de Lachman, para definir la insuficiencia/grado de lesión del ligamento cruzado anterior. La prueba de desplazamiento del pivote permite distinguir entre un ligamento cruzado anterior lesionado que es estable (funcional) y uno que presenta inestabilidad rotatoria (no funcional).

Destacan los autores mencionados por DeFranco & Bach que, cuando la rodilla tiene un ligamento cruzado anterior deficiente, el fémur se subluxa respecto de la tibia por gravedad, y la banda iliotibial queda por delante del centro instantáneo de rotación de la rodilla. Mientras la rodilla se flexiona entre veinte y veinticinco grados ( $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ), se produce el fenómeno de desplazamiento del pivote a medida que se reduce la rodilla. El resultado de la prueba se califica como (Bach, Warren & Wickiewicz, 1988):

1+ = deslizamiento.

2+ = salto.

3+ = bloqueo transitorio.

DeFranco & Bach (2009), puntualizan que el examen físico, la medición con un artrómetro KT-1000 y la resonancia magnética pueden subestimar el grado de lesión, lo que puede llevar al médico a concluir erróneamente que una persona presenta sólo un desgarro parcial. Cuando se sospecha un desgarro parcial del ligamento cruzado anterior, se deben efectuar otras pruebas dirigidas a diferenciar un ligamento cruzado anterior funcional de uno funcionalmente deficiente.

Para guiar el tratamiento ulterior, la definición el grado de lesión del ligamento cruzado anterior debe ser desde la perspectiva funcional, no estructural. A fin de lograr este objetivo, está indicada una evaluación artroscópica con el paciente bajo anestesia. Un resultado anormal de esta prueba es compatible con una deficiencia funcional del ligamento cruzado anterior.

A este respecto, Bach, Warren & Wickiewicz (1988), Kocher, Micheli & Zurakowski (2002) y Lubowitz, Bernardini & Reid (2008), citados todos por DeFranco & Bach (2009), puntualizan que la prueba de desplazamiento del pivote tiene especial utilidad para determinar si la laxitud anterior será clínicamente relevante. Los resultados de esta prueba permiten al cirujano tomar una mejor decisión respecto de proceder al tratamiento conservador o a la reconstrucción, tomando en cuenta que, el ligamento cruzado anterior no tiene la capacidad de curar lo suficiente como para recuperar la función adecuada después de un desgarro. Por esta razón, independientemente de la extensión del daño, el tratamiento de tipo quirúrgico podría ser el abordaje de elección para evitar complicaciones posteriores (particularmente la enfermedad articular degenerativa).

2.6.2.6 Tratamiento médico. Establecido el diagnóstico de lesión del ligamento cruzado anterior, el tratamiento depende de la gravedad de la lesión. Para la fase aguda de la lesión, la Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas (AAOS, por sus siglas en inglés) recomienda el protocolo denominado RICE que resulta efectivo en la mayoría de las lesiones derivadas de la práctica deportiva. RICE son las siglas de los elementos del tratamiento: R=Rest (reposo), I=Ice (hielo), C=Compression (Compresión) y E=Elevation (elevación).

El médico puede prescribir un inmovilizador para proteger la rodilla y el uso de muletas para evitar que el deportista coloque el peso de su cuerpo sobre la rodilla. Siempre y cuando se tratara de una lesión parcial, que involucrara menos del veinticinco por ciento de las fibras, los síntomas no persistieran, la rodilla se encontrara estable y las expectativas de actividad posterior a la intervención no fueran altas, el tratamiento conservador podría ser todo lo que la persona necesite. El acompañamiento farmacológico se considera muy importante, porque los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos ayudan a reducir el dolor y la inflamación.

Sin embargo, según Krischak & otros (2007), citados por Pavlovich & Lozano (2012); su utilización tiene efectos negativos, porque la inhibición de la secreción o expresión de las prostaglandinas apropiadas, provoca que las células dejen de recibir las señales químicas adecuadas para repararse, lo cual resulta en tejidos de baja calidad.

Según Pavlovich & Lozano (2012), si los efectos negativos sobre la cicatrización no fueran suficientes para reconsiderar el enfoque terapéutico de las lesiones deportivas, a lo anterior debe agregarse que; tratar la inflamación con inhibidores de diferentes enzimas en la cascada del ácido araquidónico (antiinflamatorios convencionales), tiene efectos adversos para el tracto gastrointestinal. Además, en épocas recientes, han sido identificadas otras reacciones adversas, entre ellas el aumento de los niveles de riesgo de enfermedad cardiovascular, especialmente con el uso de algunos inhibidores selectivos de la COX-2 (Pavlovich & Lozano, 2012). Por estas y otras razones, aunque el paradigma vigente, considera la inflamación como un fenómeno que debe combatirse a toda costa; es importante recordar que la misma, constituye un proceso vital para la homeostasis tisular, que reviste capital importancia en los procesos de cicatrización/repación de los tejidos.

El proceso de cicatrización del tejido lesionado comprende tres fases (Prentice, 1999):

- Fase de respuesta inflamatoria.
- Fase de reparación fibroblástica.
- Fase de remodelación-maduración.

***Fase de respuesta inflamatoria.*** Tomando en cuenta que el cuerpo responde en una secuencia relativamente predecible a la lesión, la primera fase del proceso de recuperación se denomina de respuesta inflamatoria. Como su nombre lo indica, en esta fase, existe cierto grado de inflamación, que depende del grado de disrupción de las células de los tejidos involucrados en el traumatismo.

A partir del momento de la lesión, se produce una vasoconstricción que dura entre diez y quince minutos y a continuación una vasodilatación e hiperemia que dura entre veinticuatro y treinta y seis horas que permite la conformación de una especie de tapón (producto de la agregación plaquetaria y la conversión del fibrinógeno en fibrina) que se produce por la acción tromboblástica derivada de las células lesionadas. Este tapón fibroso obstruye el suministro de sangre a la zona de la lesión. Esta formación dura aproximadamente cuarenta y ocho horas (Prentice, 1999).

***Fase de reparación fibroblástica.*** Inmediata y automáticamente después que la respuesta inflamatoria ha disminuido, comienza la reparación de los tejidos que fueron afectados por el traumatismo y los mismos empiezan a ser reemplazados por tejido cicatrizal. La reparación de los tejidos es un proceso que ocurre casi simultáneamente con el de regeneración. Esta es la razón por la que existe la posibilidad de acelerar el proceso de regeneración de los tejidos, mediante la aplicación de modalidades de tratamiento, técnicas y procedimientos cuyos efectos benéficos hayan sido probados.

***Fase de maduración–remodelación.*** Cuando la cicatriz del tejido lesionado completa la fase proliferativa, el tejido que resulta del proceso recibe una gran dotación de colágena que se dirige al lugar en que se ha formado el tejido cicatrizal, produciendo entonces; una reorganización de las fibras de colágena que se orientan de acuerdo a las líneas de tracción y fuerza a las que ese tejido es sometido, con lo cual resulta una cicatriz más funcional. Se cree que esta cicatriz es más fuerte que el tejido original pero después de cierto tiempo se acomoda y adquiere las características funcionales del tejido del que ha pasado a formar parte (Prentice,1999).

Finalmente, es importante tener en cuenta que la colágena es dinámica y se encuentra constantemente en una especie de producción y destrucción. Este proceso evita el surgimiento de cicatrices hipertróficas y desorganizada en sus líneas de fuerza, lo cual podría obstaculizar el proceso de rehabilitación funcional.

2.6.2.7 Tratamiento quirúrgico. De acuerdo con Barrack y otros (1990) y Barret (1991), citados todos por Muñoz & Avendaño (2000), hasta el cincuenta y cuatro por ciento (54%) de las personas cuya lesión ha sido objeto de manejo de tipo conservador, ha obtenido resultados poco satisfactorios. Dichos resultados se manifiestan en la insuficiencia funcional del LCA, que lleva a una inestabilidad rotatoria progresiva de la rodilla, así como a la aparición de desgarros meniscales, lesiones condrales y el desarrollo de osteoartrosis derivadas de la alteración de la fisiología articular.

En cuanto a las modalidades de abordaje quirúrgico puede mencionarse que antiguamente, se utilizaba la artrotomía amplia.

Según Rosenberg & Rasmussen (1984), citados por Forriol & Ripoll (2012), este abordaje causaba alteraciones significativas en los elementos propioceptores presentes en la cápsula articular de la rodilla. Según Sandberg y otros (1987), citados por Forriol & Ripoll (2012), la experiencia clínica ha demostrado que la única diferencia apreciable entre una *reparación quirúrgica* del LCA mediante sutura y el tratamiento conservador es la menor incidencia de signos de inestabilidad. Lo anterior ha llevado al desarrollo de técnicas quirúrgicas menos invasivas.

A este respecto, Passler y otros (1992), citados también por Forriol & Ripoll (2012), describieron una técnica endoscópica (artroscopia) de acuerdo con la cual, el cirujano realiza pequeñas incisiones para insertar una cámara en miniatura (artroscopio) que envía una imagen a un monitor de televisión, el cual permite al cirujano visualizar globalmente el interior de la articulación y, en consecuencia, acceder fácilmente a las estructuras que deben ser reparadas (ver figura 15).



**FIGURA 15. PROCEDIMIENTO ARTROSCOPICO**

**FUENTE:** <http://www.orthoinfo.aaos.org/es/treatment/knee-arthroscopy> 2020

Según Pavlovich & Lozano (2012), en el período preoperatorio, la adopción del concepto de inmunomodulación está orientado a preparar a la persona que será sometida a cirugía, para los eventos metabólicos que cabe esperar de la agresión que supone el acto quirúrgico, y optimizar el funcionamiento del sistema inmunitario y los mecanismos pro-colagénicos para lograr una mejor calidad de cicatrización y en consecuencia, resultados satisfactorios.

Los autores anteriormente mencionados destacan que, en el caso de la cirugía del LCA, la adopción del concepto de inmunomodulación adquiere singular relevancia para la prevención de complicaciones tales como la infección y los fenómenos trombóticos.

Según Kamenicek, Holan, & Franek (2001) citados por Pavlovich & Lozano (2012), la utilización de enzimas proteolíticas, como la bromelina, ocupa un lugar preponderante en la prevención y el tratamiento del edema, el dolor y las reacciones inflamatorias posteriores a la cirugía. En virtud de sus propiedades proteolíticas, este compuesto es un arma en el arsenal del cirujano que adopta modalidades de regulación de la inflamación, distintas a la inhibición selectiva de la ciclooxigenasa (COX).

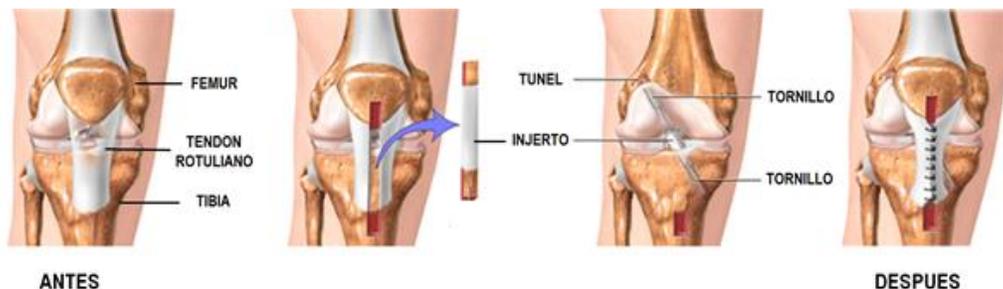
Debido a que las enzimas son importantes para el proceso de cicatrización, su inhibición tiene efectos indeseables. Lo correcto es promover el desarrollo de mecanismos que favorezcan su propia modulación, de manera que puedan actuar como una auténtica ayuda para que las células lesionadas regresen a la normalidad tras una alteración postraumática (Pavlovich & Lozano, 2012).

De acuerdo con Kratzing (2011) y Lamers & otros (2011), citados por Pavlovich & Lozano (2012), existe evidencia suficiente en cuanto al rol inmunomodulador de algunos componentes de la dieta, como los aminoácidos no esenciales y los aceites poliinsaturados de cadena omega-3, como soporte inmunológico para que el organismo sea capaz de mejorar sus funciones de cicatrización modulando la inflamación. Lo anterior significaría que la suplementación dietética con ácidos grasos (omega-3), arginina, glutamina y nucleótidos podría estimular el sistema inmunitario, mejorar la cicatrización de las heridas y reducir los marcadores de la inflamación.

Según un informe de la Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas (2012), más de cuatro millones de *cirugías transartroscópicas* de la rodilla se realizan en todo el mundo cada año. El procedimiento quirúrgico consiste en la eliminación del LCA roto y la colocación de un injerto en su lugar, con el objetivo de restablecer la biomecánica normal de la rodilla.

De acuerdo con Muñoz & Avendaño (2000), el injerto ideal es aquel capaz de reproducir las características histológicas y biomecánicas del ligamento original. El mismo debe poseer una longitud y diámetro suficientes para cumplir la función que de él se espera. Además, debe ser susceptible de incorporación rápida y completa, con un riesgo mínimo de producir reacción inmune y/o transmisión de enfermedades infecciosas. También debe ser accesible y encontrarse disponible.

Entre las opciones se encuentran: Los autoinjertos, los aloinjertos y los injertos de tipo sintético. Cada una de estas opciones tiene ventajas y desventajas. A diferencia de los autoinjertos que proceden del propio cuerpo, los aloinjertos proceden de un cadáver. Los autoinjertos más utilizados son: los tendones de los músculos semitendinoso, el tendón del recto interno (gracilis), el tendón rotuliano (hueso-tendón-hueso) y el tendón del cuádriceps. Según Clancy y otros (1982) y Woo y otros (1992), citados por Muñoz y Avendaño (2000), entre las técnicas mencionadas, la reconstrucción transartroscópica del LCA con autoinjerto de tendón rotuliano (H-T-H) ha mostrado los mejores resultados. Para insertar el injerto en la posición del LCA original, se perforan túneles en la tibia y el fémur y se pasa el injerto a través de estos túneles para sustituir el ligamento (ver figura 16).



**FIGURA 16. COLOCACION DE UN INJERTO PROCEDENTE DEL TENDON ROTULIANO (H-T-H)**  
Obsérvese que la porción proximal del injerto procede de la rótula, la parte central, del tendón y la porción distal; de la tibia.

Fuente: <http://www.medlineplus.com>

De acuerdo con Pavlovich & Lozano (2012), la inflamación constituye, de hecho; una intrincada y complicada cadena de acontecimientos cuya verdadera naturaleza se encuentra aún muy lejos de ser comprendida.

El complejo proceso de la reparación tisular comprende tres fases diferenciadas por la participación de diversos tipos celulares y la función de cada una de ellas en tiempos distintos bajo situaciones concretas Pavlovich & Lozano (2012):

- Fase inflamatoria.
- Fase proliferativa (o fibroblástica).
- Fase de remodelación-maduración.

La colágena es el primer elemento que cicatriza en la fase inflamatoria, la fase proliferativa y la fase de remodelación-maduración. La fase inflamatoria se caracteriza por el llamado *efecto quimiotáctico*, basado en células destinadas a limpiar el lugar de la lesión y combatir los agentes xenobióticos, como bacterias, hongos y virus. Simultáneamente se produce la fase hemostática, en la cual participa la coagulación por medio de la liberación de tromboxano A<sub>2</sub> y de prostaglandina E<sub>2</sub> $\alpha$  (un potente vasoconstrictor). Esta respuesta inicial ayuda a limitar la hemorragia. Después de un corto periodo de tiempo, la vasodilatación capilar secundaria a la liberación de histamina local, favorece que las células de la inflamación migren al lecho de la herida. El plazo para la migración de las células *en un proceso normal de cicatrización de la herida* puede predecirse.

Entre las ventajas que puede esperarse de un procedimiento transartroscópico, se encuentran:

- Posibilidad de tener un postoperatorio relativamente breve y poco doloroso.
- Rápida iniciación del proceso de entrenamiento funcional.
- Rápida incorporación a las actividades cotidianas.
- Reincorporación precoz a la práctica deportiva

Finalmente, en cuanto se refiere al programa de rehabilitación, la Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas (AAOS, por sus siglas en inglés) ofrece algunos lineamientos que pueden ser consultados en el sitio web correspondiente.

2.6.2.8 Pronóstico. Las personas que experimentan una lesión del ligamento cruzado anterior corren mayor riesgo de contraer osteoartritis en la rodilla. La artritis puede ocurrir incluso si ya se ha pasado por una cirugía de reconstrucción del ligamento. Aunque se cree que hay varios factores que influyen en el riesgo de desarrollar osteoartritis, la gravedad de la lesión original, la presencia de lesiones relacionadas con otras estructuras de la rodilla o el nivel de actividad después del tratamiento, pueden llevar al desarrollo de esa patología e incidir negativamente en la calidad de su vida.

La trascendencia de promover el concepto de consentimiento informado en cuanto a la conducta a seguir por parte del especialista en medicina deportiva, se deriva de lo siguiente: De acuerdo con los niveles de evidencia actualmente disponibles, un LCA que ha experimentado un esguince de grado II o III, *debe ser eliminado* y sustituido quirúrgicamente, mediante la colocación de un injerto.

La importancia de la resolución quirúrgica de esta patología, no está en discusión. Por esta razón, la investigación en Medicina Deportiva ha permitido el desarrollo de una variedad de técnicas reconstructivas que brindan incluso la posibilidad de elección de la modalidad de intervención. Sin embargo, tomando en cuenta que algunos deportes podrían resultar tan demandantes que limiten o impidan el retorno a la actividad competitiva a aquellas personas que hubieren experimentado lesiones, en el contexto de la práctica del deporte de su elección, se considera que el enfoque preventivo de lesiones es la mejor opción para disminuir la incidencia de lesiones del LCA.

## **Capítulo 3**

### **Marco Metodológico**

**3.1 Tipo de investigación:** Documental descriptiva.

#### **3.2 Objetivos.**

3.2.1 General: Sistematizar un protocolo de atención integral a atletas que practican el Karate Do.

3.2.2 Específicos:

3.2.2.1 Determinar los elementos de la atención fisioterapéutica que deben ser contemplados en el proceso de atención integral a atletas que practican el Karate Do.

3.2.2.2 Proponer un protocolo de atención fisioterapéutica integral a atletas que practican el Karate Do.

#### **3.3 Variables.**

Variable dependiente: Calidad de los resultados de la aplicación de un protocolo de atención fisioterapéutica integral a atletas que practican el Karate Do.

Variable Independiente: Protocolo de atención fisioterapéutica integral a atletas que practican el Karate Do.

**3.4 Población.** Karatecas (n=90) atendidos por de la Clínica Médica del COG, durante el período comprendido del uno de enero de dos mil dieciocho al treinta y uno de diciembre de dos mil diecinueve.

**3.5 Instrumento.** Entrevistas no estructuradas al Dr. Carlos Alvarez y al Dr. Julio Motta, titulares de las Jefaturas de las Clínicas Médicas de la CDAG y el COG (respectivamente), quienes brindaron acceso a los expedientes de los karatecas atendidos por las mencionadas Clínicas durante el período comprendido del uno de enero al treinta y uno de diciembre del año dos mil diecinueve.

**3.6 Estadística:** Se utilizó la estadística descriptiva.

## Capítulo 4

### Presentación de Resultados

**4.1 Contexto.** La Dirección de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte se ubica en la décima calle, dos guion veintiocho de la zona nueve, en la ciudad de Guatemala. Constituida originalmente en el año dos mil quince, como Unidad de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte. Es una dependencia de la Subgerencia de Ciencias Aplicadas al Deporte, producto de la sinergia en gestión conjunta de los servicios compartidos entre el Comité Olímpico Guatemalteco (COG) y la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG), instituciones que, como responsables del desarrollo y promoción del deporte federado, han realizado esfuerzos de inversión, implementación y fomento de las ciencias aplicadas como área sustancial y estratégica para el logro de resultados deportivos.

Entre los productos de esta gestión conjunta se encuentra la realización de Congresos Científicos de alta calidad, cuyo objetivo principal es promover el acceso a conocimiento actualizado para actores-clave del deporte guatemalteco en temas de las ciencias aplicadas al deporte, a través de conferencias y talleres relacionados a los desafíos en las áreas de fisiología, tecnología, psicología, medicina y nutrición en el deporte, su interrelación e impacto en el rendimiento deportivo del atleta.

El I Congreso Internacional de Medicina Deportiva se llevó a cabo en la ciudad de Guatemala en el año dos mil diecisiete. En el marco de dicho Congreso, se abordó el tema “Desafíos para optimizar el rendimiento de los atletas juveniles”. El II Congreso Internacional de Medicina Deportiva, fue desarrollado en noviembre de dos mil diecinueve y en esa oportunidad fue abordado el tema “Tecnología y análisis de datos para optimizar el rendimiento deportivo”.

Para la realización de estas actividades, se ha contado con la colaboración de profesionales de diferentes países, especialistas en medicina, fisiología, nutrición, fisioterapia, psicología, y otras áreas de conocimiento aplicables a la actividad deportiva.

Actualmente, se considera la urgencia de enfrentar los desafíos que el futuro plantea al país, en orden al logro de los resultados deportivos esperados por la población deportiva federada de Guatemala. Por esta razón, se contempla la importancia de la participación de organizaciones y empresas que de una u otra forma comparten la aspiración de que Guatemala cuente con un deporte de calidad mundial.

**4.2 Metodología.** El proceso de investigación siguió la secuencia necesaria para cumplir con las condiciones que el método científico demanda, por esta razón incluyó las fases siguientes:

4.2.1 *Investigación bibliográfica.* Se desarrolló, mediante la consulta de fuentes de tipo primario constituidas por artículos originales publicados en revistas especializadas y documentos publicados en la red global de información (www, por sus siglas en inglés) y fuentes de tipo secundario, constituidas por libros de texto relacionados con la especialidad de Medicina del Deporte.

Derivado de la respectiva revisión de literatura, particularmente la que se relaciona con las implicaciones físico-funcionales de las lesiones que se derivan de la práctica del Karate Do, se consideró necesario efectuar una visita a la Clínica Médica de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG) y a la Clínica Médica del Comité Olímpico Guatemalteco (COG) a efecto de determinar la existencia o inexistencia de protocolos de atención integral a atletas pertenecientes a la Federación de Karate.

4.2.2 *Investigación de campo.* Las visitas efectuadas a las Clínicas Médicas de la CDAG y el COG, permitieron a la sustentante entrevistar a los titulares de las Jefaturas de las mismas (Dr. Carlos Alvarez y Dr. Julio Motta, respectivamente). Los mencionados profesionales informaron que, en este momento, no existen protocolos definidos para la atención integral a atletas pertenecientes a Federaciones particulares.

Además, si los atletas experimentan una lesión en un evento de carácter nacional, son referidos a la Clínica de la CDAG y; si se lesionan en un evento de carácter internacional, son referidos a la Clínica del COG, porque las diferentes Federaciones carecen de unidades médicas que les permitan atender a sus propios atletas.

### 4.3 Características demográficas de la población objeto de estudio.

4.3.1 Género. La distribución por género de los usuarios de servicios (n=90) que constituyeron la población objeto de estudio, aparece en el cuadro No. 1 que se presenta a continuación. La distribución porcentual, puede visualizarse mejor en la gráfica que aparece inmediatamente después.

**Cuadro No. 1**

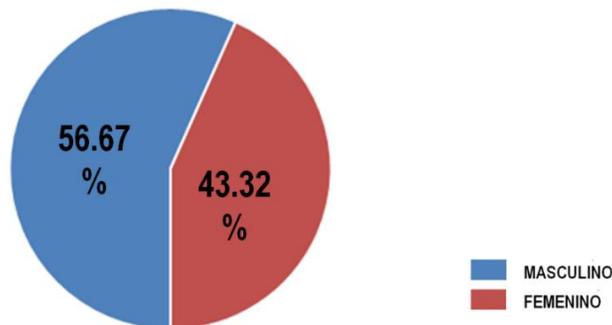
**Distribución por género de los usuarios de servicios (n=90) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019.**

USUARIOS REFERIDOS AL SERVICIO				TOTAL	
MASCULINO		FEMENINO			
N	%	N	%	N	%
51	56.67	39	43.32	90	100.00

Fuente: elaboración propia 2020.

**Gráfica No. 1**

**Distribución por género de los usuarios de servicios (n=90) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019, expresada en porcentajes.**



Fuente: elaboración propia 2020.

4.3.2 Líneas de rendimiento. La distribución de los usuarios de servicios (n=90) que constituyeron la población objeto de estudio, de acuerdo con línea de rendimiento en que compiten, aparece en el cuadro No. 2 que se presenta a continuación. La distribución porcentual, puede visualizarse mejor en la gráfica que aparece inmediatamente después.

**Cuadro No. 2**

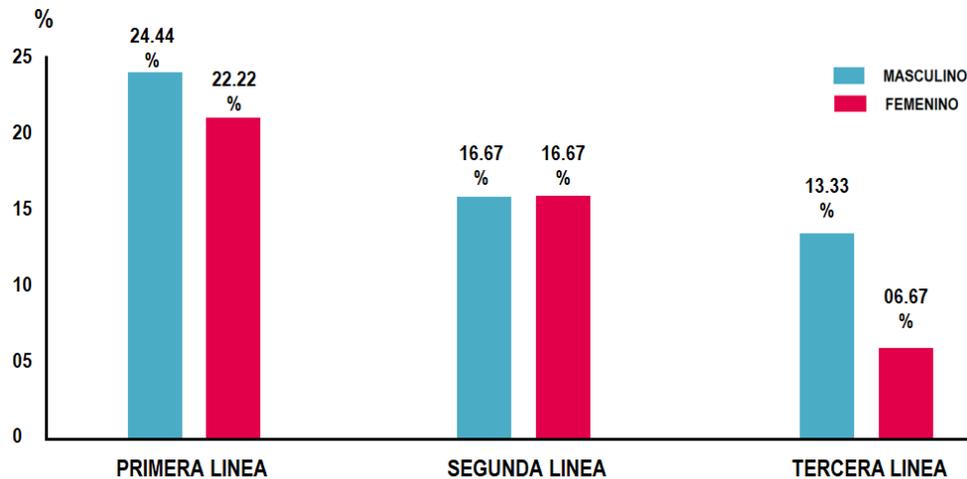
**Distribución de los usuarios de servicios (n=90) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019, de acuerdo con la línea de rendimiento en la que compiten.**

CATEGORIA DE RENDIMIENTO EN LA QUE COMPITEN LOS USUARIOS DEL SERVICIO													
PRIMERA LINEA				SEGUNDA LINEA				TERCERA LINEA				TOTAL	
MASCULINO		FEMENINO		MASCULINO		FEMENINO		MASCULINO		FEMENINO			
N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
22	24.44	20	22.22	15	16.67	15	16.67	12	13.13	06	06.67	90	100.00

Fuente: elaboración propia 2020.

**Gráfica No. 2**

**Distribución de los usuarios de servicios (n=90) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019, de acuerdo con la línea de rendimiento en que compiten, expresada en porcentajes.**



Fuente: elaboración propia 2020.

4.3.3 Diagnóstico de referencia. La distribución de los usuarios de servicios (n=90) que constituyeron la población objeto de estudio, de acuerdo con el diagnóstico de su referencia, aparece en el cuadro No. 3 que se presenta a continuación. La distribución porcentual, puede visualizarse mejor en la gráfica que aparece inmediatamente después.

Cuadro No. 3

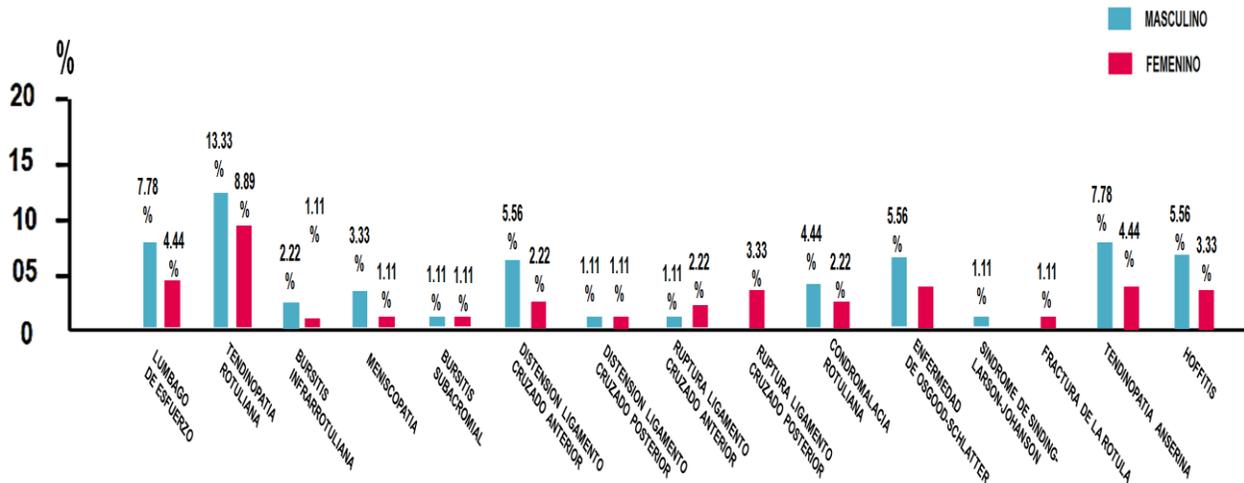
Distribución de los diagnósticos por los cuales los usuarios de servicios (n=90) fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019.

TIPO DE LESION	USUARIOS DE SERVICIOS				TOTAL	
	MASCULINO		FEMENINO			
	N	%	N	%	N	%
LUMBAGO DE ESFUERZO	04	04.44	07	07.78	11	12.23
TENDINOPATIA ROTULIANA	12	13.33	08	08.89	20	22.22
BURSITIS INFRAROTULIANA	02	02.22	01	01.11	03	03.33
MENISGOPATIA	03	03.33	01	04.44	04	04.44
BURSITIS SUBACROMIAL	01	01.11	01	01.11	02	02.22
DISTENSION LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR	05	05.56	02	02.22	07	07.78
DISTENSION LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR	01	01.11	01	01.11	02	02.22
RUPTURA LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR	01	01.11	02	02.22	03	03.33
RUPTURA LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR	00	00.00	03	03.33	03	03.33
CONDROMALACIA ROTULIANA	04	04.44	02	02.22	06	06.67
ENFERMEDAD DE OSGOOD-SCHLATTER	05	05.56	03	03.33	08	08.89
SINDROME DE SINDING-LARSEN-JOHANSON	01	01.11	00	00.00	01	04.44
FRACTURA DE LA ROTULA	00	00.00	01	01.11	01	01.11
TENDINOPATIA ANSERINA	07	07.78	11	12.23	11	12.23
HOFFITIS	05	05.56	03	03.33	08	08.89
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>56.67</b>	<b>39</b>	<b>43.32</b>	<b>90</b>	<b>100.00</b>

Fuente: elaboración propia 2020.

Gráfica No. 3

Distribución de los diagnósticos por los cuales los usuarios de servicios (n=90) fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019, expresada en porcentajes.



Fuente: elaboración propia 2020.

4.3.4 Lesiones ligamentosas de la rodilla por línea de rendimiento. La distribución de los usuarios de servicios (n=15) que experimentaron una lesión de ligamentos cruzados de la rodilla, de acuerdo con la línea de rendimiento en la que se encuentran ubicados, aparece en el cuadro No. 4 que se

presenta a continuación. La distribución porcentual, puede visualizarse mejor en la gráfica que aparece inmediatamente después.

**Cuadro No. 4**

**Distribución de los usuarios de servicios (n=15) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG con diagnóstico de lesión de ligamentos cruzados de la rodilla (LCA y LCP), durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019, de acuerdo a la línea de rendimiento en la que se encuentran ubicados.**

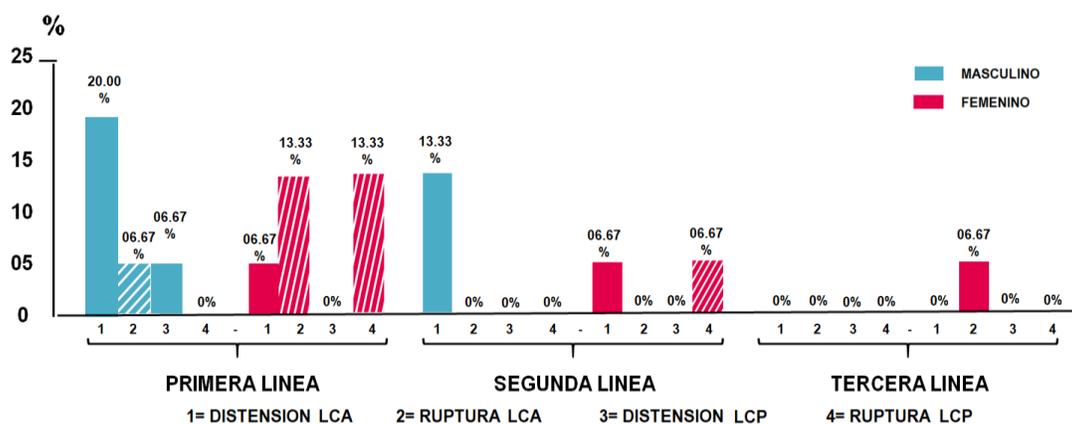
p

TIPO DE LESION	CATEGORIA DE COMPETENCIA DE LOS USUARIOS DE SERVICIOS																	
	PRIMERA LINEA				SEGUNDA LINEA				TERCERA LINEA				TRES LINEAS				TOTAL	
	MASCULINO		FEMENINO		MASCULINO		FEMENINO		MASCULINO		FEMENINO		MASCULINO		FEMENINO			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%		
DISTENSION LCA	03	20.00	01	06.67	02	13.33	01	06.67	00	00	00	00	05	33.33	02	13.33	07	46.67
DISTENSION LCP	01	06.67	00	00	00	00	00	00	00	00	01	06.67	01	06.67	01	06.67	02	13.33
RUPTURA LCA	01	06.67	02	13.33	00	00	00	00	00	00	00	00	01	06.67	02	13.33	03	20.00
RUPTURA LCP	00	00	02	13.33	00	00	01	06.67	00	00	00	00	00	00	03	20.00	03	20.00
<b>TOTAL</b>	<b>05</b>	<b>33.33</b>	<b>05</b>	<b>33.33</b>	<b>02</b>	<b>13.33</b>	<b>02</b>	<b>13.33</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>06.67</b>	<b>07</b>	<b>46.67</b>	<b>08</b>	<b>53.33</b>	<b>15</b>	<b>100.00</b>

Fuente: elaboración propia 2020.

**Gráfica No. 4**

**Distribución de los usuarios de servicios (n=15) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG con diagnóstico de lesión de ligamentos cruzados de la rodilla (LCA y LCP), durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2,019, de acuerdo a la línea de rendimiento en la que se encuentran ubicados, expresada en porcentajes.**



Fuente: elaboración propia 2020.

4.3.5 Contexto de la lesión. La distribución de los usuarios de servicios (n=15) que constituyeron la población objeto de estudio, de acuerdo con el contexto en el que ocurrió la lesión ligamentosa, aparece en el cuadro No. 5 que se presenta a continuación. La distribución porcentual, puede visualizarse mejor en la gráfica que aparece inmediatamente después.

**Cuadro No. 5**

**Distribución de los usuarios de servicios (n=15) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG con diagnóstico de lesión de ligamentos cruzados de la rodilla, durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2019, de acuerdo al contexto dentro del cual ocurrió la lesión.**

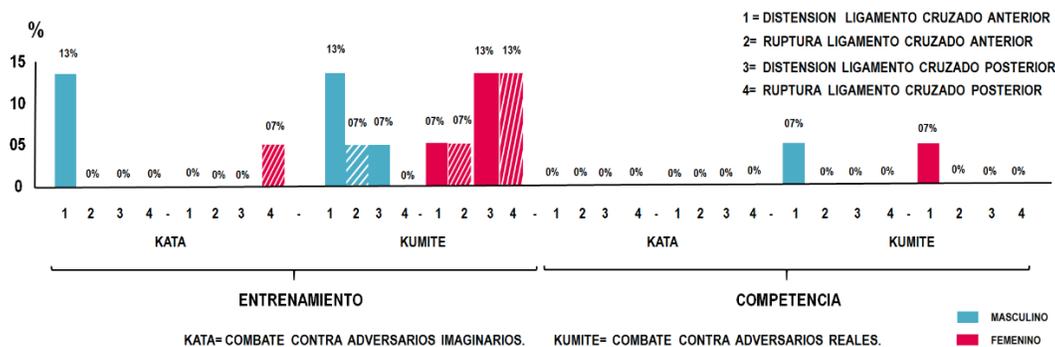
TIPO DE LESION	CONTEXTO DE LA LESION																	
	ENTRENAMIENTO								COMPETENCIA								TOTAL	
	KATA				KUMITE (COMBATE)				KATA				KUMITE (COMBATE)					
	M	%	F	%	M	%	F	%	M	%	F	%	M	%	F	%	N	%
DISTENSION LCA	02	13.33	00	00	02	13.33	01	06.67	00	00	00	00	01	06.67	01	06.67	07	46.67
DISTENSION LCP	00	00	00	00	01	06.67	01	06.67	00	00	00	00	00	00	00	00	02	13.33
RUPTURA LCA	00	00	00	00	01	06.67	02	13.33	00	00	00	00	00	00	00	00	03	20.00
RUPTURA LCP	00	00	01	06.67	00	00	02	13.33	00	00	00	00	00	00	00	00	03	20.00
<b>TOTAL</b>	<b>02</b>	<b>13.33</b>	<b>01</b>	<b>06.67</b>	<b>04</b>	<b>26.67</b>	<b>06</b>	<b>40.00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>06.67</b>	<b>01</b>	<b>06.67</b>	<b>15</b>	<b>100.00</b>

LCA= Ligamento cruzado anterior. LCP= Ligamento cruzado posterior.

Fuente: elaboración propia 2020.

**Gráfica No. 5**

**Distribución de los usuarios de servicios (n=15) que fueron referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG con diagnóstico de lesión de ligamentos cruzados de la rodilla, durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2019, de acuerdo al contexto dentro del cual ocurrió la lesión, expresada en porcentajes.**



Fuente: elaboración propia 2020.

#### **4.4 Análisis global de los resultados.**

Gracias a la colaboración brindada por funcionarios de la Clínica Médica del COG, se tuvo acceso a los expedientes de karatecas (n=90) que fueron referidos a la Clínica de Fisioterapia del COG perteneciente a la Dirección de Medicina y Ciencias Aplicadas al Deporte, durante el período comprendido del uno de enero al treinta y uno de diciembre del año dos mil diecinueve. La revisión de mérito, permitió a la sustentante determinar que, aunque los diagnósticos que fueron atendidos en el período objeto de revisión incluían diferentes tipos de lesiones musculoesqueléticas, la rodilla era la unidad funcional más afectada, representando el ochenta y seis por ciento (86%) de las lesiones. El porcentaje restante, estuvo constituido por lesiones relacionadas con la unidad funcional del hombro (02%) y la de la columna lumbar (12%).

De los setenta y siete karatecas referidos al Servicio de Fisioterapia del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte del COG con diagnósticos relacionados con problemas musculoesqueléticos de la rodilla, durante el período comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2019, sesenta y dos de ellos (80%), fueron referidos por problemas crónicos y/o degenerativos eventualmente derivados de microtraumatismos acumulados en el transcurso del proceso de entrenamiento. Dieciséis más (20%) fueron referidos por lesiones traumáticas: Un karateca (01%) fue referido por fractura de la rótula y los últimos quince (19%) fueron referidos por lesión de los ligamentos cruzados de la rodilla, experimentada en el contexto del proceso de entrenamiento o en eventos de competencia.

Los karatecas (n=15) que experimentaron lesiones de los ligamentos cruzados de la rodilla compiten en tres diferentes categorías (denominadas líneas de alto rendimiento). La primera línea agrupa a karatecas cuyo rendimiento podría llevarles a competir en Juegos Olímpicos. La segunda línea agrupa a karatecas cuyo rendimiento podría llevarles a competir en Juegos Panamericanos. La tercera línea agrupa a karatecas cuyo rendimiento podría llevarles a competir en Juegos Nacionales y Centroamericanos. De lo anterior puede deducirse que mientras más cerca se encuentren de alcanzar la primera categoría, mayores son las exigencias de rendimiento.

Lo anterior podría verse reflejado en el hecho de que *la mayoría de las lesiones* (86%) *ocurrió durante el proceso de entrenamiento*, contexto dentro del cual, la distensión del ligamento cruzado anterior (LCA), constituyó el cuarenta y seis por ciento (46%) del número de lesiones experimentadas en la primera y segunda líneas de rendimiento.

- En cuanto a las *distensiones ligamentosas* (LCA y LCP) que corresponden al cincuenta y dos por ciento (52%) del total, en la modalidad de *Kata* se produjo el doce por ciento (12%) de las lesiones experimentadas por karatecas de género masculino. A las lesiones ocurridas en la modalidad denominada *Kumité* (combate contra adversarios reales), corresponde el cuarenta por ciento (40%) restante.
- En cuanto a las *rupturas ligamentosas* (LCA y LCP) que corresponden al treinta y cuatro por ciento (34%) de las lesiones, en la modalidad denominada *Kumité* (combate contra adversarios reales), un siete por ciento (07%), experimentado por karatecas de género masculino y otro siete por ciento (07%), experimentado por karatecas de género femenino, se produjeron en la modalidad de *Kata*. El veinte por ciento (20%) restante, experimentado por karatecas de género femenino, se produjo en la modalidad *Kumité* (combate contra adversarios reales).

En *eventos de competencia*, no ocurrieron lesiones en la modalidad de *Kata*. Sin embargo, en la modalidad *Kumité* fueron reportadas distensiones ligamentosas que correspondieron a un siete por ciento (07%), experimentado por karatecas de género masculino y otro siete por ciento (07%), experimentado por karatecas de género femenino. Contrario a lo que se esperaba, en eventos de competencia, no fueron reportadas rupturas ligamentosas.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

### **Conclusiones.**

Después de un análisis acerca de la cantidad de lesiones ligamentosas de la rodilla que se producen, como resultado de la práctica del karate, se considera urgente contar con protocolos que permitan a los profesionales de la fisioterapia que atienden este tipo de lesiones, efectuar un manejo integral de las mismas.

Debido a la urgencia de contar con protocolos que permitan atender las necesidades de los karatecas que experimentan lesiones ligamentosas de la articulación de la rodilla, se considera que la implementación de tales protocolos demanda un cambio de paradigma en la atención de salud a deportistas.

Se considera importante la reconceptualización de los equipos de trabajo, de manera que los miembros de los mismos, puedan desarrollar su labor con fundamento en el concepto de atención compartida y desde la perspectiva de salud pública. Este hecho viabilizaría la implementación de procesos de educación para la salud basados en el enfoque de riesgo, dirigidos no únicamente a miembros natos del equipo, sino incluir también a atletas, entrenadores y preparadores físicos, a efecto de aumentar su capacidad resolutive en el contexto de la actividad deportiva.

Se considera que la capacitación en servicio podría permitir a todos los profesionales que atienden este tipo de lesiones, considerar las necesidades de cada usuario de servicios de salud de acuerdo a la realidad del karate, a efecto de individualizar el manejo de cada caso.

### **Recomendación única.**

Se recomienda la utilización del protocolo que por este medio se presenta, esperando que el mismo facilite a los fisioterapeutas, el desarrollo de un proceso de atención fisioterapéutica integral, acorde a las necesidades de los karatecas que experimentan una lesión del ligamento cruzado anterior.

## PROPUESTA

### 1.1 Introducción.

El karate, conocido como el camino de la mano vacía es una modalidad japonesa de lucha sin armas, en la que las extremidades superiores e inferiores del cuerpo son utilizadas como único instrumento de defensa o ataque (según sea la necesidad del caso). Se considera que el fundador del karate moderno, fue el Maestro Gichin Funakoshi, nacido en Okinawa quien, a solicitud del Emperador Hirohito, y respaldado por su amplio conocimiento del idioma y la cultura japoneses, efectuó una exhibición de este estilo de lucha en Tokio (Japón) en el año de mil novecientos veintiuno y seguidamente, empezó a dar clases de karate.

Habiendo permanecido en Japón, el maestro Funakoshi abrió su propia sala (dojo) de entrenamiento, el veintinueve de enero del año de mil novecientos treinta y seis, a los setenta años de edad. El dojo fue llamado *Shotokan* (lo de Shoto), en alusión al seudónimo (Shoto) utilizado por el Maestro, para firmar los poemas escritos en su juventud. Los entrenamientos oficiales dieron inicio al día siguiente bajo la dirección de su hijo Yoshitaka quien habiéndose hecho cargo de las clases que su padre impartía en algunas Universidades, se dedicó al desarrollo del Karate y modificó completamente la estructura del karate. Por esta razón, se considera que, desde el punto de vista técnico, el verdadero precursor del Karate-do moderno fue *Yoshitaka Funakoshi*.

Durante los bombardeos efectuados por el Ejército norteamericano sobre el territorio japonés, en el año de mil novecientos cuarenta y cinco, fue destruido el *dojo* del Maestro Funakoshi. Al finalizar la guerra, en medio de la ocupación de la que Japón fue objeto por parte de los Estados Unidos, las instalaciones de la Asociación de Artes Marciales fueron expropiadas para ser utilizadas como oficinas del mencionado ejército y la práctica de las artes marciales japonesas fue prohibida. El maestro Funakoshi abandonó Japón.

Según Clayton (2004), habiendo convencido al Maestro Funakoshi de que regresara a Tokio, algunos Maestros que habían continuado entrenando en secreto, empezaron a discutir sobre cómo podían liberar el karate de la prohibición aliada y cómo podría reconstruirse el Dojo (Shotokan). Esto se logró gracias al esfuerzo del maestro Masatoshi Nakayama de la Asociación

Japonesa de Karate estilo Shotokan quien, con base en su conocimiento de la cultura china, así como los cambios experimentados por el karate de Okinawa; y haciendo alusión a la no inclusión de armas en la práctica del karate logró convencer a los aliados de que el Karate no era más que una especie de boxeo chino, razón por la cual no debería ser incluido entre las artes marciales japonesas que estaban prohibidas. Por esta razón, al Maestro Nakayama se le atribuye el desarrollo del concepto *camino de la mano vacía*.

Este simple hecho determinó que, aunque en un principio el Karate hubiera partido de una filosofía de vida y, en consecuencia, hubiera sido practicado únicamente como un arte marcial; empezara a difundirse en el mundo occidental, lo cual viabilizó su reconocimiento como un efectivo sistema de defensa personal y progresivamente, se convirtiera en un deporte de tipo competitivo. Como resultado de lo anterior, en el año de mil novecientos setenta, se creó la WUKO (World Union Karate Organization), actualmente reconocida como WKF (Federación Mundial de Karate, por sus siglas en inglés). En Guatemala, la Federación Nacional de Karate Do, fue fundada el nueve de abril de mil novecientos ochenta y cinco.

El estilo *Shotokan* es uno de los más reconocidos y practicados a nivel global. Se caracteriza por el uso preferencial de posiciones bajas, los bloqueos en ángulo, el uso de la distancia larga, la rotación de la cadera tanto en el ataque como en la defensa, y en el uso de la sinergia muscular para generar potencia, tanto en las técnicas de ataque con puño y mano abierta, como en las técnicas de defensa. Posee algunos lanzamientos y barridos similares a los del Judo provenientes del Tegumi (practicado en Okinawa), al igual que conceptos y métodos de entrenamiento tradicional derivados del Kendo (esgrima japonesa), artes éstas practicadas por varios maestros, incluido el Maestro Nakayama.

## **1.2 Objetivos del protocolo.**

1.2.1 General. Sistematizar un protocolo de atención fisioterapéutica integral a karatecas que han experimentado una lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla.

## 1.2.2 Específicos.

1.2.2.1 Ofrecer lineamientos generales para el desarrollo de un proceso de atención integral a karatecas que experimentan una lesión del ligamento cruzado anterior y son referidos a la Clínica Médica del Comité Olímpico de Guatemala (COG).

1.2.2.2 Ofrecer lineamientos generales para el desarrollo de un proceso de atención pre-operatoria y postoperatoria a karatecas que experimentan una lesión del ligamento cruzado anterior y son referidos a la Clínica Médica del COG.

1.2.2.3 Ofrecer un protocolo para la atención integral a karatecas que experimentan una lesión del ligamento cruzado anterior, que permita a los fisioterapeutas contar con un instrumento que facilite la aplicación de un tratamiento que favorezca la recuperación funcional de estos deportistas y su reincorporación a la práctica deportiva con énfasis en el aspecto preventivo de lesiones futuras.

## 1.3 Elementos del Protocolo.

El proceso de rehabilitación, se inicia con una evaluación de la condición físico funcional del karateca que ha sido referido al Servicio de Fisioterapia, con un diagnóstico de lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla. La evaluación de la lesión propiamente dicha, se efectúa a partir de los resultados de la entrevista inicial que permite la obtención de una historia clínica comprensiva y el examen físico de mérito. Posteriormente, y de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes procedimientos de evaluación diagnóstica, se procede a la prescripción del ejercicio.

1.3.1 El proceso de evaluación. Independientemente del grado de la lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), la misma tiene implicaciones funcionales, no únicamente para la actividad competitiva, sino también para las actividades cotidianas.

Por esa razón, es importante efectuar un proceso de evaluación integral que permita estimar cabalmente el grado de discapacidad físico funcional derivado de la mencionada lesión.

1.3.1.1 Prueba de amplitud articular. Es importante efectuar una evaluación de la amplitud articular de ambos miembros inferiores. Por lo general, este procedimiento se lleva a cabo empleando el método del cero neutral, preconizado por Nordin (2005).

Por ser del conocimiento de todos los fisioterapeutas, el procedimiento no será descrito. Sin embargo, es importante recordar que la rodilla constituye el componente intermedio de todos los patrones de movimiento funcional que realiza el miembro inferior y en cuanto se refiere a la evaluación de la amplitud del rango de movimiento de dicho complejo articular, tradicionalmente se habla de dos movimientos: flexión y extensión de la rodilla. De acuerdo con la naturaleza propia de la articulación de la rodilla (que posee un grado de libertad), la flexión puede llegar a describir un arco de hasta ciento sesenta grados (160°), dependiendo de las limitaciones impuestas por la lesión ligamentosa y/o las características físicas (volumen de los componentes musculares involucrados, por ejemplo) de la persona sujeta a evaluación.

Aunque se dice que la rodilla posee un solo grado de libertad que es el responsable de los movimientos de flexión y extensión, resulta de suma importancia no olvidar que adicionalmente (cuando la rodilla se encuentra flexionada), la misma posee un segundo grado de libertad que permite los movimientos de rotación axial. Esta consideración, por parte del fisioterapeuta, resulta de gran trascendencia en la planificación de actividades terapéuticas orientadas al proceso de recuperación funcional.

1.3.1.2 Prueba de fuerza muscular voluntaria. Aunque existe la posibilidad de utilizar diversos métodos de evaluación, idealmente debe utilizarse el método convencional diseñado por Daniels, Williams y Worthingham (1972), conocido por todos los fisioterapeutas.

La prueba de fuerza muscular voluntaria (conocida popularmente como chequeo muscular) permite estimar la potencia de la contracción muscular en individuos normales y en todos aquellos que presentan trastornos cuantitativos o cualitativos de la fuerza muscular. Este método es muy conciso, fácil de utilizar y constituye la prueba de fuerza muscular voluntaria por excelencia. Sin embargo, existe una serie de elementos muy importantes que deben ser tomados en cuenta para poder llevar a cabo una buena

evaluación de la fuerza muscular voluntaria: el centro de gravedad, las posiciones, los ejes y planos de referencia y el movimiento propiamente dicho. En cuanto a los criterios de calificación de la prueba, cada grado que el fisioterapeuta asigna, representa la calidad de la actividad de un músculo, dentro de un movimiento particular.

1.3.1.3 Prueba de alineamiento postural. Este procedimiento deberá llevarse a cabo utilizando la técnica convencional: postura estática y postura dinámica. En cuanto a la *evaluación de la postura estática*, se recomienda contar con un marco de referencia (idealmente, uno de metal construido específicamente para ese efecto) que permitirá contrastar la postura de la persona (muy especialmente en cuanto se refiere a los miembros inferiores), con un patrón ideal. Es importante mencionar que cuando se analiza la postura estática y, en cuanto se refiere específicamente al miembro inferior, debe hacerse uso de los conceptos siguientes: *eje anatómico*, *eje mecánico* y *eje de carga* del fémur.

El fisioterapeuta debe considerar que los problemas anatómico-estructurales preexistentes, (los cuales determinan la falta de alineamiento funcional de los diferentes segmentos que conforman el miembro inferior), podrían haber constituido un factor de riesgo que pasó inadvertido en el examen físico funcional que habría de viabilizar la inclusión de una persona en la práctica deportiva de cualquier tipo. Resulta importante considerar que, las posiciones fundamentales del karate, constituyen una forma de postura estática que también debe ser objeto de evaluación (particularmente porque el subsiguiente proceso de recuperación funcional debe desarrollarse con base en objetivos de logro realistas). A este respecto, se sugiere además la documentación fotográfica (de frente, de espaldas y lateral), de todas las posiciones fundamentales.

1.3.1.4 Pruebas funcionales específicas. En cuanto se refiere a la *evaluación de la postura dinámica*, se sugiere contar con una lista de cotejo que servirá para determinar objetivamente las desviaciones del patrón normal de realización de actividades funcionales específicas para la práctica de karate en la modalidad de kata:

- Posiciones fundamentales:
- Desplazamientos en el plano horizontal, con cambio del peso del cuerpo de un miembro inferior al otro.
- Desplazamientos en el plano horizontal, agregando giros del cuerpo para verificar el grado de discapacidad en el punto de pivoteo.
- Desplazamientos en el plano vertical de abajo hacia arriba (prueba del cajón de cuarenta centímetros) y de arriba hacia abajo (sentadilla).
- Combinación de desplazamientos en el plano horizontal y vertical (i.e. tomar un paso lateral, flexionado la rodilla al tomar contacto con el piso y progresar cambiando el peso del cuerpo al tiempo que se estira la rodilla desde la posición de flexionado).

Tomando en cuenta que la posibilidad de aplicación de una batería de pruebas funcionales específicas podría encontrarse limitada por el grado de dolor y/o disminución de la sensibilidad que refiera el deportista sujeto a evaluación en el primer momento, resulta crucial el proceso de razonamiento clínico del fisioterapeuta, para decidir en qué momento incluso la aplicación de una prueba de evaluación de tipo convencional podría resultar contraproducente.

Por esta razón las pruebas deberían llevarse a cabo en posiciones que, al tiempo que permiten disminuir el peso sobre la extremidad afectada, viabilizan también la identificación de los problemas posturales de tipo dinámico. A este respecto, se sugiere además la documentación videográfica (de frente, de espaldas y lateral), de todas las pruebas funcionales específicas.

1.3.2 El proceso de intervención. La modalidad del proceso de intervención fisioterapéutica depende de que el abordaje médico de la lesión, haya sido de tipo conservador o de tipo quirúrgico.

1.3.2.1 Protocolo de tratamiento para el abordaje no quirúrgico. Cuando una lesión ligamentosa ha sido objeto de evaluación por el médico especialista, y él considera que la lesión involucra menos del veinticinco por ciento de las fibras del ligamento cruzado anterior o que la misma, no representa

riesgo de inestabilidad de la rodilla, la estructura podría no requerir reparación quirúrgica. Para el abordaje fisioterapéutico de la fase aguda de la lesión, la Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas (AAOS, por sus siglas en inglés) recomienda el protocolo denominado RICE que resulta efectivo en la mayoría de las lesiones derivadas de la práctica deportiva. RICE son las siglas de los elementos del tratamiento: R=Rest (reposo), I=Ice (hielo), C=Compression (Compresión) y E= Elevation (elevación).

**R=Reposo.** La actividad que causó la lesión debe ser suspendida. El médico podría recomendar el uso de muletas para evitar la colocación de peso en la pierna. En este caso, la intervención del fisioterapeuta resulta de gran importancia porque el procedimiento de adaptación de las muletas requiere de una medición adecuada de las mismas, tanto con miras al logro de una marcha funcional, como a la prevención de una indeseable y nociva compresión axilar, particularmente porque el uso de muletas puede extenderse hasta por algunos días.

**I=Hielo.** Los empaques fríos deben ser colocados durante veinte minutos cada tres o cuatro horas durante las primeras cuarenta y ocho horas. El inicio precoz de la crioterapia proporciona anestesia y vasoconstricción local, lo que sirve para reducir la hemorragia y el edema secundario. El hielo no debe aplicarse directamente sobre la piel, para evitar quemaduras.

**C=Compresión.** Para prevenir edema adicional y hemorragia, debe usarse un vendaje elástico para mantener una adecuada compresión. Es importante verificar que el necesario grado de compresión se mantenga a lo largo del día.

**E=Elevación.** Para prevenir el edema y reducir la inflamación, la persona debe reclinarse cuando descansa y poner su pierna en alto, por encima del nivel del corazón.

Entre los objetivos de esta fase, se encuentran los siguientes:

- Reducir al máximo el edema (mediante la utilización de agentes físicos).
- Reducir el dolor.
- Lograr la movilidad articular completa.
- Mantener la fuerza del cuádriceps.
- Promover la deambulaci3n normal.

Una vez que haya transcurrido por lo menos una semana, es importante el inicio de carga de peso, a tolerancia. Para este efecto, se inicia la deambulaci3n con muletas. El usuario de servicios debe llevar un inmovilizador (ortesis) articulado de poco peso, al menos hasta que se haya alcanzado una remodelaci3n aceptable del tejido. La ortesis tiene como prop3sito principal proteger la rodilla del deportista mientras las actividades cotidianas, pero no limitar el movimiento ni inhibir la funci3n muscular (ver figura 17).



**FIGURA 17. INMOVILIZADOR ARTICULADO**

Fuente: <http://www.ortopediaplus.com> 2020.

Durante las primeras tres a cuatro semanas, la ortesis debe llevarse puesta todo el d3a, excepto mientras la persona se ducha o se ba3a. Es importante tomar en cuenta que no es recomendable el uso de inmovilizadores largos (de pierna entera), porque inhiben el movimiento funcional y, por ende, prolongan el per3odo de discapacidad.

En cuanto a la posibilidad de acelerar el proceso de recuperaci3n del tejido lesionado, se cuenta actualmente con modalidades de intervenci3n que incorporan una combinaci3n de rayos

infrarrojos, láser pulsátil de baja frecuencia y un campo magnético con base en el concepto de *terapia cuántica* que, a pesar de constituir modalidades no invasivas, estimulan el desarrollo de fibroblastos y aceleran la síntesis del colágeno en los tejidos dañados, provocando efectos benéficos a nivel profundo. Esto provoca que los tejidos a los que se aplica esta modalidad, recuperen las características funcionales propias de los tejidos sanos, en un tiempo relativamente corto.

De acuerdo con la experiencia acumulada por fisioterapeutas, que se dedican a la especialidad de fisioterapia deportiva, en otras latitudes; la denominada terapia cuántica puede penetrar de diez a trece centímetros de profundidad en el espesor de los tejidos y estimular la circulación sanguínea y, por ende, el metabolismo celular. El láser cumple su función mediante la emisión de *fotones*, los cuales constituyen partículas de energía lumínica que, al ser absorbidas por los tejidos, se transforman en energía bioquímica a nivel molecular y celular, lo cual provoca las respuestas fisiológicas que, en definitiva; restauran la función tisular.

En cuanto al proceso de recuperación funcional propiamente dicho, los ejercicios de fortalecimiento deben iniciarse de inmediato, a la par de los ejercicios de amplitud articular. Cuando existe la posibilidad de acceso a un tanque de hidromasaje con agua fría, esto puede facilitar la realización de estos ejercicios. La progresión respectiva debe hacerse tomando en cuenta que es más fácil que la persona afectada por la lesión ligamentosa perciba el efecto benéfico si la movilización se inicia con ejercicios libres. A continuación, se ofrecen algunos ejemplos de tales ejercicios:

- Para reducir el riesgo de atrofia del cuádriceps, se instruye al paciente para la realización de ejercicios de tipo estático, progresando cuando la evolución de la lesión lo permita a ejercicios con resistencia (básicamente utilizando poleas y pesas), de manera que el karateca pueda monitorear su propio proceso de recuperación.
- Para la flexión de la rodilla, el paciente debe sentarse en el extremo de una mesa para permitir que la fuerza de la gravedad ayude a la flexión. La pierna no afectada puede ayudar a la flexión empujando suavemente la pierna afectada.

- Para conseguir una flexión de más de 90°, se realizan deslizamientos de los talones con el paciente sentado agarrándose el tobillo para lograr una mayor flexión.
- La bicicleta estacionaria resulta de gran utilidad para restablecer, tanto la amplitud articular como la fuerza muscular. Al principio, el asiento de la bicicleta se coloca lo más alto posible y luego se va bajando gradualmente para aumentar el grado de flexión de la rodilla.

1.3.2.2 Protocolo de tratamiento para el abordaje quirúrgico. Aunque por lo general la intervención quirúrgica no se efectúa en la fase aguda, todavía existen personas que, pensando que mientras más pronto se efectúe el procedimiento quirúrgico mejores serán los resultados. Idealmente, el proceso de intervención médico-quirúrgica debería incluir un período de intervención fisioterapéutica previa, con énfasis en el proceso de educación para la salud.

**Protocolo de tratamiento en fase pre-operatoria.** En el período pre-operatorio, el fisioterapeuta debe efectuar un proceso de evaluación que le permita determinar la condición físico funcional que el paciente posee previo al abordaje quirúrgico de la condición motivo de la intervención y, en consecuencia, diseñar un programa de actividades terapéuticas que permita a la persona que será intervenida, presentarse en condiciones físico-funcionales que viabilicen el logro de los objetivos del procedimiento quirúrgico. Entre los objetivos de esta fase, se encuentran los siguientes:

- Reducir al máximo la inflamación articular (mediante el uso de agentes físicos).
- Mantener el rango de movilidad articular completa.
- Mantener la fuerza del cuádriceps.
- Promover la deambulacion normal.

El programa de intervención fisioterapéutica, debe incluir ejercicios de bajo impacto a la articulación de la rodilla, a efecto de que se mantenga en lo posible la lubricación de la articulación de la rodilla, se mejore la flexibilidad, el arco de movimiento y el equilibrio en la posición de pie.

Debe incluir, además un programa de mejoramiento de la fuerza muscular de los músculos que activan la articulación de la rodilla.

Para lograr los objetivos del tratamiento preoperatorio, el fisioterapeuta *puede incluir* las caminatas cortas, la natación y/o los ejercicios de estiramiento bajo estricta supervisión. Debe asimismo incluir un programa de ejercicios isométricos (particularmente del cuádriceps), que resultarán muy importantes en el período post-operatorio inmediato. Es muy importante verificar que el paciente, al menos mantenga la fuerza muscular que posee, a fin de que el período de rehabilitación post operatorio y la reintegración a las actividades normales de la vida diaria, se lleve a cabo en el menor tiempo posible.

Finalmente, el tratamiento fisioterapéutico durante el período pre-operatorio, puede incluir el masaje, la aplicación de empaques calientes o hidroterapia en tanque especial, dependiendo de la prescripción respectiva.

**Protocolo de tratamiento en fase post-operatoria.** El protocolo de rehabilitación postoperatorio, se inicia inmediatamente después del procedimiento quirúrgico y se prolonga durante un período que puede durar entre dos y cuatro semanas, dependiendo del proceso de cicatrización. Inicialmente se prescribe un período de inactividad que puede durar entre siete y diez días.

Durante este período, se deben aplicar ejercicios orientados a conservar la amplitud articular entre los veinte (20°) y los ochenta (80°) grados de flexión de la rodilla, cuatro veces por día durante un período máximo de veinte minutos cada vez. Se espera que al final de la cuarta semana, el movimiento de flexión de la rodilla haya alcanzado al menos ciento veinticinco grados (125°).

Transcurrido el tiempo de inactividad prescrito por el médico especialista, el proceso de rehabilitación debe iniciarse con una evaluación de la condición físico funcional de la persona que ha sido referida al Servicio de Fisioterapia.

Posteriormente, y de acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los diferentes procedimientos de evaluación diagnóstica, debe procederse a la prescripción del ejercicio. Entre los objetivos de esta fase, se encuentran los siguientes:

- Eliminar el dolor. Al igual que en el caso del tratamiento convencional de fisioterapia, el tratamiento incluye técnicas manuales como el masaje terapéutico y la aplicación de calor local para estimular la circulación y disminuir el dolor. En casos de dolor crónico, puede utilizarse la estimulación eléctrica en forma de onda interferencial bifásica pulsada, así como la estimulación nerviosa transcutánea (TENS). Igualmente, en casos que lo demanden, puede utilizarse el ultrasonido terapéutico con base en los parámetros térmicos de ultrasonido profundo.
- Lograr la movilidad articular completa. Al respecto de los ejercicios tendentes a aumentar el rango de movimiento, la utilización de aparatos de movimiento continuo permite lograr el mismo objetivo, de manera relativamente controlada.
- Mantener la fuerza del cuádriceps. La progresión respectiva debe empezarse con ejercicios de tipo isométrico, pasando por movimientos de tipo libre eliminando la gravedad, movimientos activo-asistidos hasta llegar a los ejercicios resistidos.
- Restaurar la capacidad de soportar peso. El inicio del apoyo (colocación de carga) sobre el miembro inferior que ha sido quirúrgicamente intervenido, se realiza progresivamente durante las primeras semanas. El apoyo parcial debe efectuarse a partir de la segunda semana, de manera que el apoyo completo se logre al finalizar la cuarta semana (en casos que se han resuelto muy favorablemente) o al finalizar la sexta semana.
- Restaurar la movilidad del miembro inferior, en la modalidad de ejercicio libre en todos los planos.
- Promover la deambulación normal, para que la persona pueda reintegrarse a las actividades normales de la vida diaria, en el menor tiempo posible.

Desde el punto de vista de la recuperación funcional de la persona que ha experimentado una lesión ligamentosa, sea que el abordaje de la lesión haya sido quirúrgico o no, el proceso de rehabilitación cuya responsabilidad recae en el fisioterapeuta, tiene gran trascendencia. No está de

más recalcar que el proceso de evaluación de la condición físico funcional debe ser integral y acompañar todo el proceso de rehabilitación. Por esta razón, además de la evaluación diagnóstica y la evaluación sumativa de los resultados de la intervención fisioterapéutica, debe efectuarse un monitoreo constante en cuanto a los avances del proceso de recuperación funcional a efecto de implementar los ajustes que se consideren convenientes para el logro de los objetivos. Se considera que entre las seis y las diez semanas del período postoperatorio, podría existir todavía cierta debilidad y/o vulnerabilidad de la articulación. Por esta razón los objetivos de esta fase, incluyen los siguientes:

- Aumentar el rango de movilidad articular.
- Continuar el proceso de fortalecimiento de los grupos musculares prioritarios por la estabilidad de rodilla (cuádriceps e isquiotibiales), para disminuir tensión en el injerto y protegerlo.
- Restaurar la deambulación normal.
- Iniciar el proceso de entrenamiento funcional.

El proceso de entrenamiento funcional propiamente dicho inicia a partir de la quinta o sexta semana. El ritmo del entrenamiento depende de que el edema y el dolor hayan cedido completamente. En esta fase el objetivo principal es restablecer la fuerza muscular de la pierna lesionada hasta lograr al menos el noventa por ciento de la fuerza que la pierna que no ha sido afectada posee y continuar fortaleciendo los músculos del lado afectado a efecto de independizarlo del uso de la ortesis articulada.

Sin embargo, es importante que la persona que ha sido quirúrgicamente intervenida continúe utilizando un soporte externo, para prevenir recidivas y brindar, además, apoyo psicológico; particularmente si aspira a reincorporarse a las actividades de tipo competitivo (ver figura 18).



**FIGURA 18. ORTESIS (RODILLERA) DE PROTECCION.**  
Fuente: <http://www.salud180.com> 2020

Entre los ejercicios que el karateca debe efectuar en esta fase, se encuentran:

- Los ejercicios para el fortalecimiento del cuádriceps deben ser de tipo resistido. En principio se hará uso de la mecanoterapia convencional para progresar posteriormente a aparatos especiales de resistencia. Con el mismo propósito, puede utilizarse también poleas y pesas ligeras, utilizando un número mayor de repeticiones.
- Desplazamientos de tipo horizontal similares a los utilizados en los patrones de movimiento funcional propios del karate. Asumir posiciones fundamentales, implica también el entrenamiento de carga de peso.
- Desplazamientos de tipo vertical hacia arriba y hacia abajo. Los desplazamientos hacia arriba se efectuarán mediante la utilización de una grada (o un cajón) cuya altura deberá tener en principio no más de diez centímetros. Los desplazamientos hacia abajo deberán realizarse mediante sentadillas cuyo ángulo no supere los treinta grados.

Cuando han pasado al menos ocho semanas de la intervención quirúrgica, el objetivo principal es empezar a recuperar las cualidades físico-deportivas específicas del karate relacionadas particularmente con el equilibrio dinámico. Para la progresión que deben tener los ejercicios que deben ser incluidos en la fase de entrenamiento funcional de habilidades específicas para el karate (en particular), a continuación, se ofrecen algunos lineamientos. El entrenamiento de la capacidad aeróbica incluirá en principio, ejercicios de bajo impacto (natación, bicicleta estacionaria,

escaladora...) idealmente con ritmo controlado por beats/metrónomo. Seguidamente el atleta deberá efectuar caminatas (idealmente controladas por beats/metrónomo), progresando a marcha rápida y un trote (jogging) controlado, en línea recta.

El programa deberá progresar a carrera en línea recta (en principio carrera de resistencia y luego de velocidad o sprint). Posteriormente se procederá a realizar actividades físicas de alto impacto, de acuerdo a tolerancia del atleta (carrera, y habilidades/destrezas específicas del karate). Finalmente, el fisioterapeuta deberá incluir en el entrenamiento, actividades orientadas a la recuperación de habilidades psicomotrices que permitirán al atleta dominar los cambios de dirección y pivotar (correr siguiendo la forma de un ocho, desplazamientos laterales, etc.) cuando ello fuera posible en una pequeña pista con obstáculos; similar a las de slalom.

La reincorporación a la actividad deportivo-competitiva regular depende de los resultados de las pruebas de evaluación físico-funcional, particularmente las relacionadas con la evaluación de la postura dinámica que incluyan habilidades específicas del karate. Sin embargo, es importante considerar que antes de seis meses después de la intervención quirúrgica, el riesgo de lesión es latente todavía.

Se considera que, transcurrido un período que puede durar desde tres a seis meses, y dependiendo del tipo de intervención, el injerto ya ha adquirido características similares a las de un LCA original. A este respecto, es sumamente importante recordar que la lesión del LCA, implica lesión de las estructuras donde se encuentran los elementos propioceptores de la articulación de la rodilla (corpúsculos de Pacini, Ruffini, aparato tendinoso de Golgi).

Por esta razón, es imprescindible planificar actividades terapéuticas que favorezcan la recuperación de la propiocepción: ejercicios de tipo pliométrico y patrones de movimiento funcional con énfasis en la utilización de ejercicios de cadena kinética cerrada, con base en el hecho de que dichos ejercicios producen una cocontracción del cuádriceps y los isquiotibiales, lo cual aumenta las fuerzas de compresión y minimizan las de cizallamiento, y por tanto la traslación tibial anterior, todo lo cual contribuye a aumentar la estabilidad de la articulación de la rodilla. Este tipo de ejercicios puede ser incorporado en las primeras etapas del programa de entrenamiento funcional

en forma de ejercicios de fortalecimiento del cuádriceps y los músculos isquiotibiales, porque la tensión que produce sobre el injerto ligamentoso, es mínima.

El proceso de entrenamiento funcional constituye de hecho, un proceso de enseñanza aprendizaje, cuyos productos deben ser evaluados mediante un análisis cuidadoso. El proceso debe partir del establecimiento de un *contrato psicológico* entre el fisioterapeuta (entrenador funcional, para el caso) y el deportista. Este contrato debe incluir el establecimiento de las metas (objetivos del proceso) cuyo cumplimiento deberá ser objeto de un proceso de monitoreo y evaluación. La fase de monitoreo debe incluir un proceso de observación sistemática de la forma como el atleta desarrolla las actividades diseñadas en orden a su reincorporación a la actividad deportiva. Esta observación, persigue verificar que el gesto objeto del proceso de análisis mantenga los parámetros establecidos para el mismo o, si ese fuera el caso, identificar plenamente las desviaciones del ideal a efecto de corregirlas. La observación de la ejecución de los diferentes gestos propios del karate, debe efectuarse desde tres perspectivas: *anterior* (cuando el atleta avanza de frente hacia la persona que efectúa la observación), *posterior* (cuando el atleta se aleja, dando la espalda al observador), y *lateral* (cuando el atleta es observado de perfil).

La trascendencia del monitoreo de los resultados del entrenamiento funcional radica en que, con el correr del tiempo, un gesto deportivo incorrecto (disfuncional) llega a ser automático. El condicionamiento y/o ejecución de patrones disfuncionales de movimiento constituye por sí mismo, un factor de riesgo para nuevas lesiones.

El proceso de entrenamiento funcional tiene como objetivo final, la reincorporación del atleta a sus actividades habituales (incluida la práctica deportiva) con el máximo de eficiencia y en el menor tiempo posibles. Es importante mencionar que durante la fase de entrenamiento funcional es importante el trabajo en equipo (atleta-médico-fisioterapeuta), a efecto de que el atleta conozca de primera mano el grado de avance en su proceso de recuperación y entrenamiento funcional y, en consecuencia, se responsabilice también por el mantenimiento y elevación de su bienestar; mediante la participación en programas de educación para la salud que le permitirán tomar consciencia de su propio cuerpo (dimensiones, capacidades y limitaciones) y la mejor forma de

utilizarlo tanto en el contexto de las actividades cotidianas como en el proceso de entrenamiento y, en consecuencia, enfrentar efectivamente los riesgos relacionados con la práctica deportiva.

6.3.3 Programa educacional. Por lo general, cuando una persona que ha experimentado una lesión que ha afectado la articulación de la rodilla y es referida al Servicio de Fisioterapia, tiene muchas inquietudes en cuanto a la recuperación funcional que puede esperar a partir de la implementación de procesos médicos y/o quirúrgicos y el correspondiente proceso de rehabilitación.

Por esta razón el programa educacional debe ser un elemento primordial ***a lo largo de todo el proceso de rehabilitación***, pero muy especialmente en la preparación de la condición físico-funcional necesaria para que tanto la intervención quirúrgica, como el período postoperatorio transcurra sin complicaciones. Esta circunstancia permitirá que el subsiguiente proceso de rehabilitación, se desarrolle adecuadamente. El plan educacional debe incluir consejería relacionada con los aspectos siguientes:

- La actividad física iniciada en las primeras etapas de la vida, puede retardar muchos de los efectos del proceso de envejecimiento. Sin embargo, a partir del momento de ocurrencia de la lesión, la persona deberá tomar en cuenta que, por lo general, a partir de cierta edad el volumen muscular decrece progresivamente, los cartílagos de las articulaciones empiezan a deshidratarse, y estas condiciones aumentan el grado de riesgo de lesión.
- Para regresar a las actividades de tipo competitivo, una persona en proceso de rehabilitación debe incorporarse progresivamente a la actividad de su interés. Idealmente la incorporación deberá hacerse bajo la supervisión de un especialista en medicina deportiva (médico/fisioterapeuta), quien puede sugerir la actividad más adecuada para que el deportista se ejercite con seguridad.
- Entender el mecanismo de la lesión que se ha experimentado es fundamental para optimizar las estrategias de prevención de recidivas. Aproximadamente tres cuartas partes de las lesiones del LCA ocurren sin contacto con otras personas o elementos del ambiente. El mecanismo más común es el valgo con rotación interna, seguido de varo con rotación

externa (llamado mecanismo de pivote) y finalmente el mecanismo por hiperextensión de la rodilla.

El tiempo que el karateca tarde en reincorporarse a la actividad deportiva depende en primer término, del grado de la lesión que haya experimentado y, en segundo término, de su decisión en cuanto a la aceptación o rechazo de una intervención quirúrgica: la cual, en el transcurso del tiempo, podría resultar la única opción posible.

Consideraciones finales.

Entre las mayores preocupaciones de los entrenadores deportivos, se encuentra la posibilidad de ocurrencia de lesiones agudas que determinan la suspensión de las actividades competitivas de un deportista. Sin embargo, casi nunca se presta atención a la posibilidad de ocurrencia de lesiones producidas por micro traumatismos de tipo repetitivo que disminuyen la condición físico-funcional de los atletas y determina en muchos casos, su retiro precoz. Por esta razón, es importante que el fisioterapeuta que se dedica a la rehabilitación de deportistas, conserve en mente que la biomecánica no únicamente es la ciencia que le permite efectuar el análisis de los gestos propios de un deporte particular; sino un elemento fundamental para la planificación del programa de entrenamiento funcional que forma parte del proceso de atención integral de salud a deportistas.

## Referencias

- Alvarez, A., & García, Y. (2015). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Revista Archivo Médico de Camagüey Vol 19 (1)*, 83-91.
- American Academy of Orthopaedic Surgeons. (2012). *Anterior Cruciate Ligament*. Washington, DC: AAOS.
- Amis, A., & Dawkins, G. (1991). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fiber bundle actions related to ligament replacements and injuries. *British Journal of Bone and Joint Surgery*, 260-267.
- Arnoczky, S. (1983). Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clinical orthopaedics related research No. 172*, 19-25.
- Arnoczky, S., Rubin, R., & Marshall, J. (1979). Microvasculature of the cruciate ligaments and its response to injury. An experimental study in the dog. *American Journal of Bone and Joint Surgery*, 1221-1229.
- Arriaza, R., & Lopez, J. (1989). Karate. *Archivos de Medicina del Deporte Vol 6 (21)*, 85-87.
- Avelar, B., Gomes, M., Figueiredo, A., & Lopez, V. (2015). Caracterización y desarrollo del “saber luchar”: contenidos de un modelo integrado para la enseñanza de las artes marciales y de los deportes de combatir. *Revista de Artes Marciales Asiáticas Vol 10 (1)*, 16-33.
- Ayala-Mejías, J., García-Estrada, G., & Alcocer, P. (2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mexicana*, 2-9.
- Bach, B., Warren, R., & Wickiewicz, T. (1988). The pivot shift phenomenon: results and description of a modified clinical test for anterior cruciate ligament insufficiency. *American Journal of Sports Medicine Vol 16*, 571-576.

- Barrack, R., Bruckner, J., Kneisl, J., Inman, W., & Alexander, H. (1990). The outcome of nonoperatively treated complete tears of the anterior cruciate ligament in active young adults. *Clinical Orthopaedics No. 259*, 192-199.
- Barret, D. (1991). Proprioception and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Joint and Bone Surgery No. 73B*, 833-837.
- Bonnel, F. (2002). *Abrègè d'anatomie fonctionnelle et biomécanique. Tomo III Membre Inferieur*. SAUURAMPS.
- Braune, W., & Fischer, O. (1889). *Der Gang des Menschen*. Berlin: Springer-Verlag.
- Cabezas, A., Guillén, L., Gutiérrez, M., Padrón, L., Vargas, D., & Ortega, R. (2019). Sistema de ejercicios profilácticos para la prevención de las lesiones de rodilla en el Karate Do. *Retos Vol 36*, 487-496.
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari, K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine, Vol 42 (10)*, 829-843.
- Chun, C., Lee, B., & Yang, J. (2002). Extension block secondary to partial anterior cruciate ligament tear on the femoral attachment of the posterolateral bundle. *Arthroscopy*, 227-231.
- Clancy, W., Nelson, D., Reider, B., & Narechania, R. (1982). Anterior cruciate ligament reconstruction using one-third of the patellar ligament augmented by extra-articular tendon transfers. *American Journal of Bone and Joint Surgery Vol 64 A (3)*, 352-359.
- Clayton, B. (2004). *Shotokan's Secret. Black Belt books*. Editorial Ohara Publications Inc.
- Cooper, J., & Glassow, R. (1973). *Kinesiología*. Buenos Aires: editorial Médica Panamericana.
- Daniels, L., Williams, M., & Worthingham, C. (1972). *Pruebas funcionales musculares*. México: Interamericana, S.A. de C. V.

- De Fontenay, B., Argaud, S., Blache, Y., & Monteil, K. (2014). Motion alterations after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of the injured and uninjured lower limbs during a single-legged jump . *Journal of Athletic Training Vol 49 (3)*, 311-316.
- DeFranco, M., & Bach, B. (2009). Revisión integral de los desgarros parciales del ligamento cruzado anterior . *Journal of Bone and Joint Surgery*, 198-208.
- DeHaven, K. (1980). Diagnosis of acute knee injuries with hemarthrosis. *American Journal of Sports Medicine Vol 8*, 9-14.
- Diaz, F. (2011). *Karate para todos*. Málaga.: Libsa S.A.
- Donskoi, D. (1971). *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Estrada, Y. (2018). *Biomecánica: De la física mecánica al análisis de gestos deportivos*. Bogotá: Ediciones USTA.
- Fetto, J., & Marshall, J. (1980). The natural history and diagnosis of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clinical Orthopaedics Related Research Vol 147*, 29-38.
- Figueroa, H. (1965). *Elementos de Anatomía y Fisiología Humanas*. Guatemala: Tipografía Nacional.
- Finsterbush, A., Frankl, U., & Mann, G. (1989). Fat pad adhesion to partially torn anterior cruciate ligament: A cause of knee locking. *American Journal of Sports Medicine Vol 17*, 92-5.
- Forriol, F. (2010). *Cirugía Ortopédica y Traumatología, Tomo I*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Forriol, F., & Ripoll, P. (2012). La reparación del ligamento cruzado anterior: solución de un problema histórico. *Trauma Vol 23 No. 1*, 29-47.

- Fritschy, D., Panoussopoulos, A., Wallensten, R., & Peter, R. (1997). Can we predict the outcome of a partial rupture of the anterior cruciate ligament? A prospective study of 43 cases. *Knee Surgery Sports and Traumatology Arthroscopy* Vol 5, 2-5.
- García, S. (2014). *Tesis: Lesiones en Artes Marciales Chinas frente a otros Deportes de Lucha e Individuales*. Madrid: DEPARTAMENTO DE MEDICINA FÍSICA Y DE REHABILITACION. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE.
- Gardiner, D. (1962). *Manual de Ejercicios de Rehabilitación*. Barcelona: JIMS.
- Garth, W. (1992). Current concepts repairing the anterior cruciate ligament. *Orthopaedics Review*, 565-574.
- Gutiérrez-Dávila, M. (2015). *Fundamentos de biomecánica deportiva*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Guyton, A. (1992). *Fisiología Médica*. México: Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Hansen, J., & Lambert, D. (2006). *Anatomía Clínica*. Barcelona: MASSON.
- Hellebrandt, F., & Franseen, E. (1943). Physiological study of the vertical stance of man. *Physiological Review* (23), 220-223.
- Hole, R., Lintner, D., Kamaric, E., & Moseley, J. (1996). Increased tibial translation after partial sectioning of the anterior cruciate ligament. The posterolateral bundle. *American Journal of Sports Medicine*, 556-560.
- Hollinshead, H. (1988). *Anatomía Funcional*. México: Panamericana.
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Kamenicek, V., Holan, P., & Franek, P. (2001). Systemic enzyme therapy in the treatment and prevention of post-traumatic and postoperative swelling. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca* Vol 68 (1), 45-49.

- Kapandji, A. (2015). *Fisiología Articular 6a. Edición*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Kendall, H., & Kendall, F. (1970). *Postura y Dolor*. Barcelona: JIMS.
- Kocher, M., Micheli, L., Zurakowski, D., & Luke, A. (2002). Partial tears of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. *American Journal of Sports Medicine Vol 30*, 697-703 .
- Krischak, G., Augat, P., Claes, L., Kinzl, L., & Beck, A. (2007). The effects of non-steroidal antiinflammatory drug application on incisional wound healing in rats. *Journal of Wound Care Vol 16*, 76-78.
- Larson, R., & Taillon, M. (1994). Anterior cruciate ligament. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 26-35.
- Lowe, J., & Stevens, A. (2015 ). *Histología humana*. Barcelona: Editorial Mosby – Elsevier.
- Lubowitz, J., Bernardini, B., & Reid, J. (2008). Comprehensive physical examination for instability of the knee. *American Journal of Sports Medicine Vol 36*, 577-594.
- Madey, S., Cole, K., & Brand, R. (1993). The Sensory Role of the Anterior Cruciate Ligament. *The Anterior Cruciate Ligament. Current and Future Concepts Vol 2*, 23-31.
- Maekawa, K., Furukawa, H., Kanazawa, Y., Hijioka, A., Suzuki, K., & Fujimoto, S. (1996). Electron and immunoelectron microscopy on healing process of the rat anteriorcruciate ligament after partial transection: the roles of multipotent fibroblasts in the synovial tissue. *Histology and Histopathology Vol 11*, 607-619.
- Maldonado, M., & Arteaga, W. (2018). Caracterización competitiva de la selección de karate do del Estado Barinas en la modalidad de kumite. *Revista Con-Ciencias Vol 1 (1)* , 112-127.

- Martínez, V., Balsalobre, C., Villacieros, J., & Tejero, C. (2013). Relaciones entre el salto vertical y la velocidad de mae-geri en karatecas de nivel internacional, especialidad kata. *Martínez, V; Balsalobre, C; Villacieros, J; Tejero, C. (2013) Relaciones entre el salto Educación Física y Deportes, 58-64.*
- Metheny, E. (1952). *Body dynamics*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Miyamoto, R., Bosco, J., & Sherman, O. (2009). Treatment of Medial Collateral Ligament. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 152-161.*
- Miyasaka, K., Daniels, D., & Stone, M. (1991). The incidence of knee ligament injuries in the general population. *American Journal of Knee Surgery Vol 4, 43-48.*
- Moore, K. (2007 ). *Anatomía con orientación clínica*. Barcelona: Editorial Médica Panamericana.
- Muller, W. (1994). *The cruciate ligaments*. Londres: Churchill Livingstone.
- Muñoz, D. (2007). *Conceptos de biomecánica, con aplicaciones para ciencias de la salud y el deporte*. Buenos Aires: : Editorial impresiones.
- Muñoz, E., & Avendaño, N. (2000). Reconstrucción transartroscópica del ligamento cruzado anterior. *Repertorio de Medicina y Cirugía, 7-19.*
- Nakayama, M. (1982). *La Dinámica del Karate*. México: Editorial FHER.
- Nakayama, M. (1990). *El mejor karate. Los fundamentos* . Mexico: Diana.
- Nilo, J. (1983). *Medicina del Deporte*. México: Editorial Galache.
- Nordin, M., & Frankel, V. (2001). *Biomecánica básica del sistema musculoesquelético, 3a. edición* . México: McGraw-Hill Interamericana.
- Noyes, F., Barber, S., & Mangine, R. (1991). Abnormal lower limb symmetry determined by function hop test after anterior cruciate ligament rupture. *The American Journal of Sport Medicine, 19 (5).*

- Noyes, F., Bassett, R., Grood, E., & Butler, D. (1980). Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee. Incidence of anterior cruciate tears and other injuries. *American Journal of Bone and Joint Surgery*, 687-695.
- Noyes, F., Mooar, L., Moorman, C., & McGinniss, G. (1989). Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency. *British Journal of Bone and Joint Surgery Vol 71*, 825-833.
- Noyes, F., Mooar, P., Matthews, D., & Butler, D. (1983). The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *American Journal of Bone and Joint Surgery Vol 65*, 154-162.
- O'Rahilly, R. (1989). Anatomia. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Orizola, A., & Zamorano, A. (2012). Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior de la Rodilla en Mujeres Deportistas. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 319-325.
- Palmer, I. (1938). On the injuries to the ligaments of the knee joint; clinical study. *Acta Chiropractica Escandinava*, Suplemento 53.
- Parenti, S. (2013). *La Rodilla. Influencias anatomofuncionales en su biomecánica*. La Plata, Argentina.
- Parlebas, P. (2001). *Juegos, Deporte y Sociedad. Léxico de Praxiología Motriz*. Barcelona: Paidotribo.
- Passler, J., Fellingner, M., Seggl, W., & Schweighofer, F. (1992). Arthroskopische Technik zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes mittels freiem Patellasehnenstransplantat. *Unfallchirurgie No. 95*, 463-468.
- Pavlovich, I., & Lozano, J. (2012). Capítulo 2. Inmunomodulación en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Una nueva frontera en la biología de la cicatrización. En J. Hernández, & J. (. Monllau, *Lesiones ligamentosas de la rodilla* (págs. 29-44). Barcelona: MERGE MEDICA BOOKS.

- Pozo, J., Bastien, G., & Dierick, F. (2011). Execution time, kinetics and kinematics of the mae geri kick. Comparison of national and international standard karate athletes. *Journal of Sports Science Vol 29 (14)*, 1553-1561.
- Prentice, W. (1999). *Técnicas de Rehabilitación en Medicina Deportiva*. Barcelona: PAIDOTRIBO.
- Quiroz, F. (1988). *Tratado de Anatomía Humana*. México: Porrúa, S.A.
- Quiroz, F. (1962). *Tratado de Anatomía Humana, Tomo III*. México: Porrúa, S.A.
- Rosenberg, T., & Rasmussen, G. (1984). The function of the anterior cruciate ligament during anterior drawer and Lachman's testing. *American Journal of Sports Medicine Vol 12*, 318-322.
- Rosenzweig, e. a. (2001). *Psicología Biológica. 1a. Edición*. Barcelona, España: Ariel .
- Rouvière, H. (1948). *Anatomie humaine descriptive et topographique*. Paris: Masson.
- Sánchez Ramos, A. (2012). Capítulo 13. Rehabilitación tras la cirugía ligamentosa de la rodilla en el deportista de elite. En J. Hernández, & J. Monllau, *Lesiones ligamentosas de la rodilla* (págs. 199-214). Barcelona: MARGE MEDICA BOOKS.
- Sandberg, R., Balkfors, B., Nilsson, B., & Westlin, N. (1987). Operative versus non-operative treatment of recent injuries to the ligaments of the knee. A prospective randomized study . *American Journal of Bone and Joint Surgery No. 69-A*, 1120-1126.
- Sherrington, C. (1953). *Man on his nature*. New York: Doubleday & Co. Ltd.
- Shulak, I. (1989). *Biomecánica Clínica*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Soto, G. (2016). La Biomecánica y su aplicación en la prevención de lesiones en futbolistas. En A. Ascanio, E. Arteaga, Aude, D, L. Britapaz, & Y. (. Aguilar, *Compendio de Ciencias Médicas Aplicadas al Deporte* (págs. 24-30). Carabobo: Universidad de Carabobo.

- Takeda, Y., Xerogeanes, J., Livesay, G., Fu, F., & Woo, S. (1994). Biomechanical function of the human anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 140-147.
- Tortora, G., & Anagnostakos, N. (1989). *Principios de anatomía y fisiología. Quinta edición.* México: Harla.
- Van de Graaf, K., & Rees, W. (1999). *Anatomía y Fisiología Humana.* México: McGraw-Hill Interamericana.
- Vaquero, J., Calvo, J., & Forriol, F. (2008). Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior. *Trauma. Vol 10 (Suppl 1)*, 22-38.
- Vences de Brito, C., & otros. (2011). Atención y tiempo de reacción en practicantes de karate Shotokan. *Revista de Artes Marciales Asiáticas No. 6 (1)*, 141-156.
- Viladot, A. (2001). *Lecciones de biomecánica del aparato locomotor.* Madrid: Editorial Springer.
- Villamón-Herrera, M. (2003). *Compendio histórico de la actividad física y el deporte* Barcelona: Masson.
- Vinuesa, M., & Coll, J. (1987). *Teoría básica del entrenamiento.* Madrid: Editorial Esteban Sanz.
- Wells, K. (1989). *Kinesiología.* México: McGraw-Hill Interamericana.
- Wischnitzer, S. (1982). *Curso de Anatomía HUmana.* México: Limusa.
- Woo, S., Livesay, G., & Engle, G. (1992). Biomechanics of the human anterior cruciate ligament. ACL structure and role in knee motion. *Orthopaedics Review*, 853-862.