



---

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**CARRERA DE KINESIOLOGÍA**

---

**Efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo contra bajas cargas de resistencia (KAATSU) al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de ligamento cruzado anterior (LCA) versus el mismo protocolo por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA con el método semitendinoso grácil en la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre marzo del 2013 y febrero del 2014.**

*ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO SIMPLE CIEGO*

---

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

---

**AUTORES**

**NICOLÁS I. SALOM DÍAZ – FRANCISCO J. SOTO RODRÍGUEZ**

**23 de Octubre de 2012.**



---

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**  
**FACULTAD DE MEDICINA**  
**CARRERA DE KINESIOLOGÍA**

---

**Efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo contra bajas cargas de resistencia (KAATSU) al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de ligamento cruzado anterior (LCA) versus el mismo protocolo por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA con el método semitendinoso grácil en la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre marzo del 2013 y febrero del 2014.**

*ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO SIMPLE CIEGO*

---

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

---

**AUTORES**

**NICOLÁS I. SALOM DÍAZ – FRANCISCO J. SOTO RODRÍGUEZ**

**PROFESOR GUÍA KLGO RICARDO SOLANO**

## **Agradecimientos**

*Agradecemos primeramente a Dios, por permitirnos estudiar esta hermosa carrera que ha llenado nuestros corazones.*

*A Nuestro profesor Guía de tesis Klgo Ricardo Solano López, por entregarnos las herramientas para crear y trabajar en uno de los proyectos más importante de nuestra vida universitaria.*

*A la Klgo Mónica Gaete por su enorme disposición, consejos y simpatía, en el desarrollo de nuestro proyecto.*

*A nuestras familias por entregarnos el apoyo, el cariño necesario y ser un pilar fundamental durante todo este proceso.*

*Destacar que nuestra amistad permitió hacer de este proceso de largas noches y días extenuantes de trabajo se hicieran más amenas y agradables.*

*Finalmente, agradecer a cada una de las personas que se hizo presente en este gran desafío académico, e hicieron de éste unos de los momentos más felices en nuestra vida universitaria.*

*Francisco y Nicolás.*

***"El futuro tiene muchos nombres. Para los débiles es lo inalcanzable.  
Para los temerosos, lo desconocido. Para los valientes es la oportunidad."***

***Víctor Hugo.***

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la efectividad del entrenamiento con KAATSU al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de LCA, versus el mismo protocolo de rehabilitación por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA con el método STG.

**Hipótesis:** El entrenamiento con KAATSU al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de LCA versus el mismo protocolo de rehabilitación por sí solo, es efectivo para lograr un aumento de fuerza en los pacientes sometidos a reconstrucción de LCA con el método STG.

**Diseño:** Ensayo Clínico Aleatorizado Simple Ciego

**Material y métodos:** El estudio se llevara a cabo en 86 pacientes post operados de LCA mediante la técnica STG, que cumplan con los criterios de inclusión. Estos serán aleatorizados en 2 grupos de forma simple, en donde un grupo recibirá el tratamiento experimental con el entrenamiento KAATSU y el otro grupo recibirá la terapia convencional. En ambos grupos se realizaran mediciones de fuerza, área de sección transversal y estabilidad anteroposterior al comienzo y durante las fases de rehabilitación

**Conclusión:** Los resultados del estudio determinarán si es efectivo el entrenamiento KAATSU para mejorar la funcionalidad articular en términos de aumento fuerza de la rodilla, en pacientes sometidos a reconstrucción de LCA.

## **Glosario de términos**

**KAATSU:** restricción del flujo sanguíneo contra resistencias de bajas cargas

**LCA:** ligamento cruzado anterior

**STG:** semitendinoso - grácil

**HTH:** hueso – tendón - hueso

**AVD:** actividades de la vida diaria

**ACSM:** Colegio americano de medicina del deporte

**RM:** Resonancia Magnética

**AM:** anteromedial

**PL:** posterolateral

**PAS:** presión arterial sistólica

**T-H:** tendón hueso

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	3
RESUMEN .....	4
GLOSARIO DETÉRMINOS .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO .....	17
I.1 BIOMECÁNICA DEL LCA.....	17
I.2 RUPTURA DE LCA .....	20
I.2.1 Mecanismo Lesional.....	20
I.2.2 Factores de riesgo .....	21
I.2.2.1 Factores extrínsecos.....	21
I.2.2.2 Factores intrínsecos.....	22
I.2.3 Efectos sobre los estabilizadores activos.....	24
I.2.4 Evaluación Diagnostica .....	24
I.3 TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE LCA.....	27
I.3.1 Consideraciones generales.....	27
I.3.2 Cirugía del LCA .....	29
I.3.2.1 Tipo de injerto .....	30
I.3.2.1.1 Autoinjertos .....	31
I.3.2.1.2 Aloinjertos.....	33
I.3.2.2 Integración del injerto.....	34
I.3.2.3 Túneles de fijación del injerto .....	34
I.3.2.4 Fijación del injerto.....	35
I.3.2.5 Ligamentación o maduración del injerto .....	36
I.3.2.6 Falla del Injerto.....	38
I.4 ENTRENAMIENTO KAATSU .....	39
I.4.1 Introducción.....	39
I.4.2 ¿Qué es el KAATSU?.....	40

I.4.3 Mecanismos de acción del KAATSU .....	42
I.4.4 Efectos del KAATSU .....	44
I.4.5 Seguridad del KAATSU .....	44
CAPITULO II REVISION DE LA LITERATURA .....	46
II.1 BÚSQUEDA SISTEMÁTICA .....	46
II.2 PREGUNTA DE BÚSQUEDA .....	46
II.3 RECURSOS DE BÚSQUEDA.....	46
II.3.1 Bases de datos utilizados.....	46
II.3.2 Revistas científicas utilizadas.....	47
II.3.3 Búsqueda en biblioteca.....	47
II.3.4 Búsqueda en internet .....	47
II.3.5 Consulta a clínicos. ....	48
II.4 TÉRMINOS UTILIZADOS .....	48
II.4.1 Términos utilizados Bases de datos MEDLINE.....	48
II.4.2 Términos utilizados Bases de datos LILACS .....	49
II.4.3 Términos utilizados Bases de datos SCIELO .....	50
II.4.4 Términos utilizados Bases de datos Cochrane Biblioteca Virtual en Salud (BVS) .....	50
II.4.5 Términos usados en la International Journal of Kaatsu Training Research .....	50
II.4.6 Términos utilizados en internet. ....	51
II.5 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA Y ANÁLISIS CRÍTICO. ....	52
II.5.1 Resultados de la búsqueda.....	52
II.5.2 Análisis crítico.....	52
CAPÍTULO III DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. ....	58
III.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	58
III.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	59
III.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	60
III.3.1 Factible:.....	60
III.3.2 Interesante: .....	61
III.3.3 Novedoso .....	61

III.3.4 Ético .....	61
III.3.5 Relevante.....	62
III.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	63
III.4.1 Objetivo general.....	63
III.4.2. Objetivos específicos .....	63
III.5 DISEÑO DEL ESTUDIO.....	64
III.5.1 Ensayo clínico.....	64
III.5.1.1.- Características del Ensayo clínico .....	65
III.5.1.2.- Ventajas y desventajas.....	66
CAPÍTULO IV MATERIALES Y MÉTODOS.....	67
IV.1SUJETOS DEL ESTUDIO .....	67
IV.1.1Población diana.....	67
IV.1.2 Población accesible.....	67
IV.1.3 Poblacion de estudio .....	67
IV.2 MUESTRA .....	68
IV.2.1Criterios de selección.....	68
IV.2.1.1Criterios de inclusión.....	68
IV.2.1.2 Criterios de exclusión.....	68
IV.2.1.3 Criterios de expulsión.....	69
IV.2.2 Tamaño muestral .....	69
IV.2.3 Asignación aleatoria .....	70
IV.2.4 Enmascaramiento.....	71
IV.2.5 Flujograma.....	72
IV.3.VARIABLES Y MEDICIONES .....	73
IV.3.1 Variables de intervención .....	73
IV.3.1.1 <u>Variable entrenamiento KAATSU</u> .....	73
IV.3.1.2 <u>Variable protocolo de rehabilitación</u> .....	73
IV.3.2 Variables de resultado.....	74
IV.3.2.1 Variable primaria .....	74
IV.3.2.1.1 <u>Fuerza muscular</u> .....	74
IV.3.2.2 Variables secundarias .....	80

IV.3.2.2.1 <u>Área de sección transversal muscular</u> .....	80
IV.3.2.2.2 <u>Estabilidad anteroposterior.</u> .....	80
IV.3.3 Variables de control o basales .....	82
IV.3.3.1 <u>Edad</u> .....	82
IV.3.3.2 <u>Sexo</u> .....	82
IV.3.3.3 <u>Índice de masa corporal (IMC)</u> .....	83
IV.3.3.4 <u>Tabaquismo</u> .....	83
CAPÍTULO V INTERVENCIONES .....	84
V.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INTERVENCIÓN .....	84
V.2 PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN .....	86
V.2.1 Protocolo de rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior <i>D´ Amato y Bach. (“Grupo control”)</i> .....	86
V.2.1.1 Descripción del protocolo de rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior <i>D´ Amato y Bach.</i> .....	87
V.2.2 Protocolo de rehabilitación con entrenamiento KAATSU modificado de D´ Amato y Bach, después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. <i>Salom y Soto. (“Grupo experimental”)</i> .....	97
V.2.2.1 Descripción del protocolo de rehabilitación con entrenamiento KAATSU modificado de D´ Amato y Bach, después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. <i>Salom y Soto.</i> .....	98
V.3 LINEAMIENTOS GENERALES DE LOS EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO.....	107
V.4 DEMOSTRACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO DE AMBOS PROTOCOLOS.....	109
CAPITULO VI PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	114
VI.1 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO .....	114
VI.1.1 Hipótesis estadística.....	114
VI.1.1.1 Hipótesis Nula (H0).....	114
VI.1.1.2 Hipótesis alternativa (H1).....	114
VI.2 MANEJO DE DATOS .....	114
VI.2.1 Análisis descriptivo .....	114
VI.2.2 Análisis inferencial .....	115
CAPITULO VII CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	117

VII.1 ÉTICA DEL ESTUDIO.....	117
CAPITULO VIII ADMINISTRACIÓN Y PRESUPUESTO .....	120
VIII.1 ADMINISTRACION.....	120
VIII.1.1 Equipo de investigación.....	120
VIII.1.2 Características de los miembros del equipo.....	120
VIII.1.3 Rol del equipo. ....	122
VIII.1.4 Materiales e Implementación. ....	125
VIII.1.4.1Espacio físico .....	126
VIII.1.4.2Espacios Anexos .....	126
VIII.2 PRESUPUESTO.....	127
VIII.3 PROPUESTA DE CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	132
VIII.3.1 Carta Gantt .....	135
ANEXOS .....	136
Anexo 1.-.....	136
Anexo 2.-.....	141
BIBLIOGRAFÍA.....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Porcentaje de elongación del LCA en AVD.	19
<b>Tabla 2:</b> Factores de riesgo intrínsecos ligados al sexo	24
<b>Tabla 3:</b> Condiciones del injerto “ideal”.	30
<b>Tabla 4:</b> Diferencias asociadas al tipo de autoinjertos.	33
<b>Tabla 5:</b> Métodos de fijación de los autoinjertos	36
<b>Tabla 6:</b> Medición de estabilidad preoperatoria y postoperatoria.	55
<b>Tabla 7:</b> Diferencias de fuerza muscular pre y post operatorias	56
<b>Tabla 8:</b> Diferencias en el área de sección transversal pre y post operatorias.	56
<b>Tabla 9:</b> Materiales e implementación.	125-126
<b>Tabla 10:</b> Gastos de implementación terapéutica y evaluativas.	128-129
<b>Tabla 11:</b> Gastos de implementación general.	130
<b>Tabla 12:</b> Gastos de personal.	131

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Prueba de Lachman

**Figura 2:** Prueba de pivot shift.

**Figura 3:** Prueba del cajón anterior

**Figura 4:** Falla del Injerto

**Figura 5:** Flujograma

**Figura 6:** Panel de control dinamómetro isométrico

**Figura 7:** Mecanismos de soporte asociados al sensor dinamométrico

**Figura 8:** Medición de fuerza en extensión a 0°.

**Figura 9:** Medición de fuerza en extensión a 60°.

**Figura 10:** Medición de fuerza en extensión a 90°.

**Figura 11:** Medición de fuerza en flexión a 0°

**Figura 12:** Medición de fuerza en flexión a 60°

**Figura 13:** Medición de fuerza en flexión a 90°

**Figura 14:** Artrómetro KT-1000.

**Figura 15a. – 22b:** Demostración de los ejercicios de fortalecimiento de ambos protocolos.

## **INTRODUCCIÓN**

La estabilidad funcional de la rodilla se debe en parte a la normalidad y congruencia de las estructuras óseas, pero fundamentalmente está determinada por la integridad de los cuatro ligamentos principales; ligamento cruzado anterior (LCA), ligamento cruzado posterior, ligamento colateral medial y ligamento colateral lateral.<sup>1</sup> Es así que cuando hablamos de lesiones ligamentosas de rodilla, nos referimos a una serie de consecuencias que afectarán directamente a la articulación, en la bipedestación, en la práctica deportiva o bien en actividades de la vida diaria, provocando una alteración o variante de la estabilidad biomecánica y funcional de la articulación, es decir componentes móviles, estáticos y también sensitivos, debido al gran componente propioceptivo que nos entregan estas estructuras en el complejo articular de rodilla. A la vez, la musculatura juega un papel preponderante en la mantención de la estabilidad, el movimiento y la transmisión de cargas, actuando como estabilizador dinámico fundamental en el complejo articular.

El LCA, se define como una estructura intra-articular, con una disposición póstero-anterior, cuya función principal es limitar la traslación anterior de la tibia sobre el fémur, pero además contribuye a la estabilización en varo o valgo excesivo y limita la hiperextensión (O'Connor, Sallis, Wilder, & Patrick, 2004)<sup>1</sup>

La lesión del LCA es la más prevalente en rodilla en una razón de 3/10.000 habitantes por año en la población general de los Estados Unidos, representando el 50% de las lesiones ligamentosas de la rodilla, produciéndose el

75% durante actividades deportivas<sup>1</sup> es significativamente más prevalente en mujeres que en hombres que practiquen el mismo deporte. La rotura del LCA, aislada o combinada con lesiones meniscales o de los ligamentos colaterales, producen cambios degenerativos entre el 60 y el 90% de los pacientes, entre los 10 y 15 años después de la lesión.<sup>2</sup>

Un factor importante a la hora de las lesiones se debe a la mala condición física del sujeto que se encuentra practicando algún deporte, hecho que aumenta el riesgo de sufrir este tipo de traumatismo. Mecanismos como la rotación del fémur sobre la tibia fija (pie de apoyo) durante un movimiento de valgo forzado, junto con mecanismos de hiperextensión de rodilla se encuentran entre los más frecuentes, sumado a estos también se encuentran traumatismos directos sobre la rodilla, correspondiendo así a otro tipo de mecanismo de lesión.

Debido a la incapacidad que genera en la práctica deportiva ha sido de especial interés el tratamiento de las roturas de LCA, siendo el método quirúrgico el de común elección mediante sus dos técnicas más utilizadas; la técnica semitendinoso-grácil (STG) o bien la técnica hueso tendón hueso (HTH), las cuales intentan recobrar y restablecer la estabilidad que permita la vuelta a la práctica deportiva o bien a la vuelta a las actividades de la vida diaria (AVD).

Es posterior a la intervención quirúrgica donde el tratamiento kinésico adquiere principal importancia y es donde el kinesiólogo, junto con el equipo de salud tendrán por objetivo recuperar aquellas disfunciones biomecánicas que le permitan al paciente retomar todas sus actividades funcionales, con total

normalidad y disminución del riesgo de recidivas, basados en protocolos de rehabilitación estandarizados en los cuales describe diferentes etapas de progresión, considerando rangos de protección en ejercicios de fuerza muscular, con el objetivo de no dañar el injerto al someterlo a cargas excesivas antes del tiempo adecuado, favoreciendo así los procesos de hipertrofia y aumento fuerza muscular. Además se consideran otras variantes de tratamiento, como lo son la fase de vuelta a la marcha a través de la progresión del desuso de bastones, y la reeducación de la misma.

Según el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) se recomienda, para lograr el incremento de fuerza y masa muscular, entrenar con cargas superiores al 70% de una resistencia máxima (RM). Además, el modelo de adaptación al entrenamiento de alta intensidad descrito por Sale en 1988, establece que es necesario entrenar al menos 4 semanas para inducir adaptaciones estructurales en el músculo esquelético.<sup>3</sup>

Sin embargo, en ciertas circunstancias (como en la patología en cuestión) resulta prácticamente imposible realizar progresiones del entrenamiento hacia mayores intensidades, para obtener hipertrofia y aumento de fuerza muscular, como es en el caso de lesiones, limitaciones ortopédicas, patologías o inadaptación a las cargas. Ante éstas situaciones la progresión del entrenamiento está comprometida, y con ella los potenciales beneficios derivados del incremento morfológico y funcional del sistema neuromuscular.

Es Así como nace una alternativa terapéutica que deriva de ensayos japoneses, en los cuales se obtuvieron resultados similares a los conseguidos por el entrenamiento de alta intensidad, sobre el incremento de la fuerza y la hipertrofia muscular. Ésta es una herramienta metodológica que se conoce como entrenamiento con oclusión vascular súper impuesta (OCPS por sus siglas en Ingles), *KAATSU* (*KAATSU por su nombre comercial en Japón*), *entrenamiento oclusivo (occlusive training)* o entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (*blood flow restricted training*), la cual se caracteriza por realizar ejercicios terapéuticos con cargas entre un 20 y un 50% de la RM.<sup>4</sup>

Es por esto que al analizar la magnitud del problema y los efectos asociados a la rehabilitación postoperatoria de LCA, surge la idea de utilizar el entrenamiento con *KAATSU* para inducir el aumento de estabilidad anteroposterior de rodilla a través de la mejora en procesos de hipertrofia muscular y aumento de fuerza, favoreciendo así el proceso de rehabilitación del paciente.

Para esto se propone un ensayo clínico Aleatorizado simple ciego, en el cuál se determinará la efectividad del *KAATSU* al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de LCA versus el, mismo protocolo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte, sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA con el método STG en la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### I.1 BIOMECÁNICA DEL LCA.

La estabilidad funcional de la rodilla se debe en parte a la normalidad y congruencia de las estructuras óseas, pero fundamentalmente está determinada por la integridad funcional de los cuatro ligamentos principales: cruzado anterior, cruzado posterior, colateral medial y colateral lateral. Es así, como las lesiones en cualquiera de estas estructuras suelen provocar una alteración de la estabilidad biomecánica y funcional de la articulación.<sup>1</sup>

Los ligamentos cruzados de la rodilla son los encargados de regular la cinemática articular y son los «órganos sensores» que informan respecto a musculatura periarticular, influyendo sobre la posición de las superficies articulares, la dirección y la magnitud de las fuerzas, además de forma indirecta sobre la distribución de las tensiones articulares.<sup>2</sup> Además el LCA es el principal responsable de Limitar el deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur, limitar la hiperextensión de la rodilla, limitar la rotación anteromedial de la tibia sobre el fémur, guiar a la tibia en el mecanismo de torsión alrededor del fémur en la flexo-extensión<sup>5</sup>, además de limitar el valgo excesivo de rodilla.

El LCA es una estructura intraarticular que se origina en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo y se inserta distalmente en el área pre-espinal de la meseta tibial. Está formado por numerosas

fibras que absorben las solicitaciones de tensión durante el arco de movimiento de la rodilla, estas fibras en su sección proximal tienen un diámetro de  $\pm 115\text{mm}^2$ , en su tercio medio  $\pm 90\text{mm}^2$  y en su inserción tibial  $\pm 135\text{mm}^2$ . Se dirige hacia abajo, adelante y medial enrollándose sobre sí mismo, tomando la forma de un reloj de arena, además entrega inserciones hacia el periostio<sup>6</sup>. Se encuentra ubicado fuera de la cápsula articular por lo que se define como extracapsular, además debido a que la membrana sinovial se refleja por delante de los ligamentos cruzados estos quedan extrasinoviales. El LCA presenta una estructura multifibrilar con diferentes fascículos que mantienen tensiones distintas según el grado de flexión de la articulación de la rodilla.<sup>2</sup> En los últimos años, se ha insistido en la composición del LCA formado por dos fascículos funcionalmente diferentes, como ya señalaron los hermanos Weber, en 1895. Desde entonces se ha hablado del fascículo ántero-medial (AM) y del póstero-lateral (PL). La terminología de AM y PL está en función de su inserción en la tibia y determinada por su tensión funcional en el movimiento de flexión de la rodilla, siendo la porción AM la estabilizadora del cajón anterior, con la rodilla en flexión entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ .<sup>2</sup>

Cada fascículo del LCA tiene una función en la estabilidad de la articular de la rodilla. Cuando ésta se encuentra en extensión, las fibras ambos fascículos del LCA están paralelas y en tensión, pero el fascículo PL está más tenso que el AM; esta tensión permanece alta en el PL hasta los  $45^\circ$  de flexión. Cuando la rodilla esta en flexión de  $90^\circ$ , las fibras PL se encuentran más relajadas y las AM

se encuentran en máxima tensión. En general, el fascículo AM se tensa durante la flexión y el PL se relaja; mientras que en la extensión ocurre lo contrario.<sup>2</sup>

Hay autores que dividen el LCA en tres porciones<sup>7, 8</sup> y fijándose en su inserción femoral describen fibras anteriores, para la flexión, fibras posteriores, para la extensión y fibras medias, que actúan en un amplio rango de la flexoextensión<sup>2</sup>. Pero no será esta subdivisión la considerada para dar sustento a la investigación.

El LCA puede resistir fuerzas de hasta 2.500 N y una tensión de aproximadamente el 20% antes de ceder. En personas mayores puede llegar a ceder con cargas más bajas que en los jóvenes. Las fuerzas que soportan el LCA intacto oscilan entre unos 100N durante la extensión pasiva de la rodilla, hasta unos 400N mientras se camina y unos 1700N cuando se realizan recortes o actividades de aceleración-desaceleración.<sup>9</sup>

**Tabla 1**

<b>Actividades vida diaria</b>	<b>ELONGACIÓN %</b>
BICICLETA	7
MARCHA BASTON	14
CCC UNIPODAL	21
MARCHA	36
CARRERA LENTA	61
<b>CARRERA RÁPIDA</b>	<b>89</b>
<b>TEST LACHMAN</b>	<b>100</b>
<b>CARRERA EN DESCENSO</b>	<b>125</b>
<b>ISOMÉTRICO 0-20°</b>	<b>121</b>

*Porcentaje de elongación del LCA en AVD<sup>10</sup>*

## **I.2 RUPTURA DE LCA**

### **I.2.1 Mecanismo Lesional**

El LCA se caracteriza por ser un ligamento muy potente y ser capaz de resistir grandes fuerzas antes de sufrir una ruptura parcial o completa. Frecuentemente este tipo de lesiones se presenta en personas que practiquen deportes, sobre todo en aquellos que no realizan actividad física de forma habitual. La lesión ocurre principalmente en deportes de contacto (Rugby, fútbol, hockey, etc.), o aquellos que impliquen un alto riesgo de caídas (Esquí, snowboard, etc.) Según la evidencia en la literatura médico-deportiva, existe una proporción de seis lesiones de LCA por cada 100 jugadores de fútbol en un periodo de cinco años. El 67% de los casos son causados por mecanismos indirectos. Esta lesión puede significar para algunos deportistas el fin de su carrera, o producir secuelas que pueden permanecer el resto de su vida deportiva (lesiones osteocondrales) o, por otro lado, el deterioro parcial de la práctica deportiva y su consecuencia en la forma física para su rendimiento<sup>11</sup>

El mecanismo de lesión más frecuente en el LCA, es por trauma indirecto, mediante la rotación del fémur sobre la tibia fija (pie de apoyo) durante un movimiento de valgo excesivo o forzado. También es común la hiperextensión de la rodilla, aislada o en combinación con rotación interna de la tibia<sup>1</sup>. Sumado a esto y no menos importante son las lesiones por trauma directo en la rodilla que inducen a una traslación posteroanterior de la tibia con respecto al fémur, pudiendo ir o no acompañada de movimientos en el plano transversal.

De esta forma la presentación de la lesión del LCA puede ser aislada o bien ser acompañada de daño y/o ruptura de otros tejidos, es decir junto a lesiones meniscales, condrales, óseas, ligamentosas o la combinación de algunas de estas, como en la lesión conjunta de la tríada de O'Donoghue o "tríada maldita".

## **I.2.2 Factores de riesgo**

Para que exista ruptura de LCA, deben presentarse una serie de condiciones que favorezcan el proceso lesivo, es decir, diversos factores de riesgo, que influyendo unos sobre otros en determinadas condiciones, expondrán al LCA y otras estructuras articulares a una situación de riesgo.

### **I.2.2.1 Factores extrínsecos**

Uno de los aspectos más importantes a destacar es el mecanismo de lesión, es si es que ésta ocurre durante la práctica de deportes con o sin contacto de algún agente externo. Datos aportados por Mc Lean et al en el año 1998, nos indican que el 70% de las lesiones del LCA se producen en situaciones sin contacto de otro jugador, datos similares a los publicados por Boden et al., quien en el año 2000 analizó con la ayuda de videos, el mecanismo de las lesiones sin contacto, identificando que la mayoría de estos ocurre con la rodilla cerca de la extensión máxima durante la desaceleración o el aterrizaje<sup>12</sup>. Asociado a esto se encuentra otro aspecto ligado a la práctica deportiva como factor de riesgo, definido por la mala ejecución del gesto deportivo, hecho que puede inducir hacia movimientos antinaturales que provoquen una mayor sollicitud a las estructuras ligamentosas favoreciendo su ruptura.

Por último se debe tener en cuenta la superficie del terreno y el tipo de calzado, ya sea durante la práctica deportiva o bien durante las AVD

### **I.2.2.2 Factores intrínsecos.**

Aquí principalmente se encuentran factores ligados al sexo que determinaran ciertos patrones anatómicos y fisiológicos, haciendo al sexo femenino predispuesto a un mayor riesgo de lesiones ligamentosas (incidencia de 4 a 8 veces mayor en mujeres deportistas en comparación a hombres que practiquen el mismo deporte<sup>12</sup>

Entre estos factores anatómicos que influirán directamente en el desarrollo de lesiones de LCA se encuentran, deficiencias en la forma y tamaño del platillo tibial lateral, favoreciendo la inestabilidad tanto rotacional como de traslación anterior. La variación anatómica del surco intercondíleo, se considera otro factor de gran importancia, este hecho da como resultado un LCA más pequeño y débil. Otro aspecto importante relacionado a las variaciones anatómicas, es la relación ángulo Q y ancho de pelvis, factor más evidenciable en el sexo femenino, por ende con mayor riesgo de lesión de LCA, sin embargo también podría considerarse como una variación no ligada a la variable sexo. De esta forma existirá un mayor ángulo de valgo en rodilla y por consecuencia mayor tensión de LCA durante actividades deportivas.<sup>9, 12</sup>

La laxitud aumentada es otra característica mayormente ligada al género femenino. Boden et al demostraron que las mujeres con lesiones del LCA tenían mayor recurvatum y según Uhorchak et al. las mujeres con hiperlaxitud tenían un

riesgo 2.7 veces mayor de lesión del LCA. Por lo tanto una mayor hiperextensión de rodilla, deja a la articulación en una posición menos favorable para generar fuerzas protectoras (estabilidad dinámica).<sup>9, 12</sup>

Por último se encuentran las deficiencias neuromusculares, que pueden presentarse por mala condición física del sujeto, por el sexo de este o bien por ambos factores. Su disfunción deriva principalmente en lo que respecta a la relación entre musculatura agonista y antagonista. Es así como la coactivación entre cuádriceps e isquiotibiales protegen a la rodilla de una excesiva traslación tibial anterior y además limita la abducción y el valgo. En las mujeres se observa una activación precoz de los isquiotibiales al producirse el apoyo, lo cual disminuye el equilibrio muscular, aumentando el riesgo de lesión del LCA.<sup>12</sup> Además presentan una menor capacidad para generar fuerza muscular, un timing de activación más lento y un menor reclutamiento de fibras musculares especialmente del cuádriceps<sup>9</sup>. Hechos que a su vez tienen gran implicancia en la estabilidad dinámica de la articulación y por lo tanto en el riesgo de sufrir lesión de LCA. Estas características también se pueden encontrar en hombres, por lo tanto no suponen características específicas del sexo femenino, aun siendo este el factor principal.

La edad y el sedentarismo también parecieran ser factores influyentes en este tipo de lesiones.

Resumen de los factores de riesgo intrínsecos ligados al sexo en la **Tabla 2**<sup>9</sup>

**Tabla 2****Gender Issues That May Contribute to Increased Risk of ACL Injuries in Females**

<b>Anatomic Differences</b>	<b>Muscular and Neuromuscular Differences</b>	<b>Laxity and Range of Motion</b>
Wider pelvis	Diminished muscular force	Greater ROM
Increased flexibility	Dependence on quadriceps muscle for stability	Genu recurvatum
Less well-developed thigh musculature	Longer time to develop force	Increased knee laxity
Narrower femoral notch	Longer electromechanical response time	Increased hip rotation
Smaller ACL		
Increased genu valgum		
Increased external tibial torsion		

From Wilk KE, Arrigo C, Andrews JR, Clancy WG: Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction in the female athlete. *J Athletic Train* 34:177-193, 1999.

### **I.2.3 Efectos sobre los estabilizadores activos**

La lesión del LCA acarrea consecuencias directas sobre la musculatura periarticular de rodilla, afectando sus propiedades como fuerza, resistencia y diámetros musculares. Es así que el musculo cuádriceps es quien se ve mayormente afectado. Todas las propiedades que se ven afectadas en el proceso lesional se deben al dolor, inflamación y a la alteración en el feedback aferente (input sensorial) desde los mecanorreceptores del LCA.

La fuerza muscular y los déficit sensoriomotores se van regulando progresivamente con el tiempo pero no antes de 18 meses postoperatorio

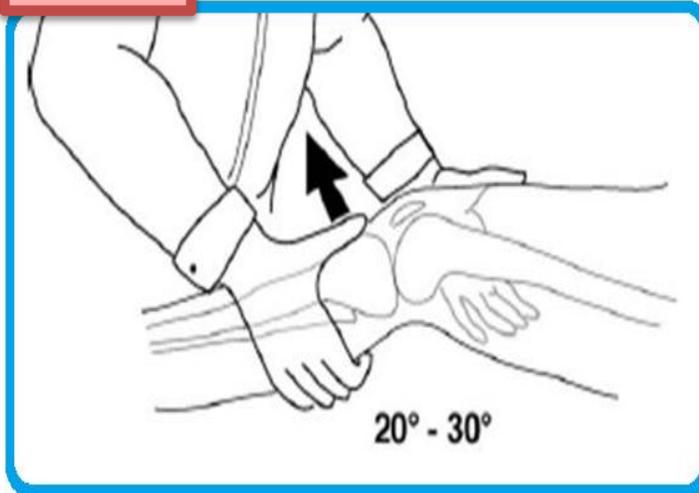
### **I.2.4 Evaluación Diagnostica**

Las herramientas más eficaces para realizar una correcta evaluación diagnóstica y diferencial sobre las alteraciones de la rodilla, son la anamnesis y una exploración física cuidadosa, a esto se suman las pruebas imagenológicas que permiten confirmar o refutar el diagnóstico realizado.

En la sospecha de ruptura de LCA, se utilizarán pruebas que principalmente busquen signos de inestabilidad articular. El *test de Lachman* (Figura 1) ofrece una sensibilidad del 86% y una especificidad del 91%<sup>13</sup>, siendo la maniobra más sensible para la detección de la inestabilidad del LCA.<sup>9</sup> La *prueba pivot shift* (Figura 2) posee una sensibilidad baja, del 32%, con especificidad del 97 al 99%, tiene un alto valor predictivo positivo, por lo que un test positivo asegura el diagnóstico de ruptura de LCA<sup>13</sup>. Otra prueba comúnmente utilizada y que permite evaluar los mismos parámetros anteriormente mencionados es la *prueba del cajón anterior* (Figura 3), la cual presenta una sensibilidad del 85% y una especificidad de casi el 90%.<sup>14</sup> Junto a estas pruebas, durante la exploración física se deberán realizar pruebas complementarias del el ligamento cruzado posterior (LCP), pruebas de daño meniscal y de ligamentos colaterales, para así poder establecer un diagnóstico diferencial.

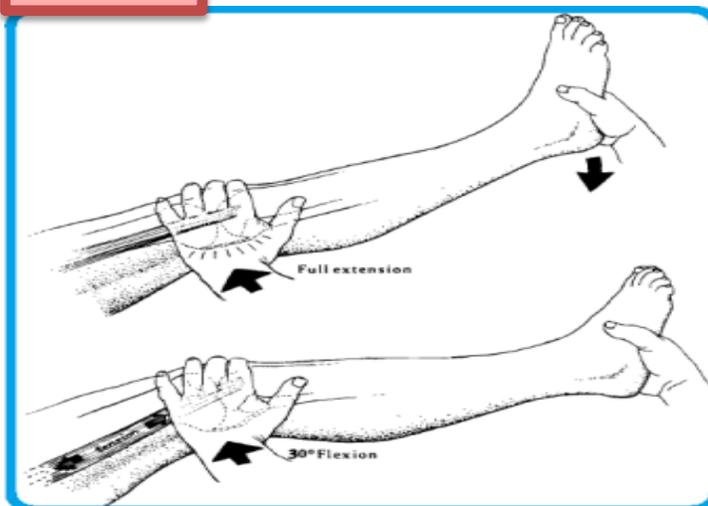
Con respecto al diagnóstico por imagen, la radiografía aportara gran información con respecto a la existencia de fracturas o arrancamientos óseos a nivel de las inserciones de los ligamentos.<sup>15</sup> Sin embargo será la *resonancia magnética* la que posee una mayor validez para el diagnóstico de lesión de LCA, esta prueba de imagen tiene una sensibilidad del 92% al 95% y una especificidad del 95% al 97%.<sup>16</sup> Principalmente debido a su alto costo debe usarse de manera prudente.<sup>9</sup>

Figura 1



**Prueba de Lachman.** Con la rodilla flexionada entre 20° y 30°, el clínico estabiliza el fémur con una mano y con la otra una fuerza dirigida en sentido anterior a la parte proximal de la tibia. El aumento de la traslación anterior de la tibia (comparada con la extremidad no afectada) o una terminación blanda es alteración del LCA.<sup>9,17</sup>

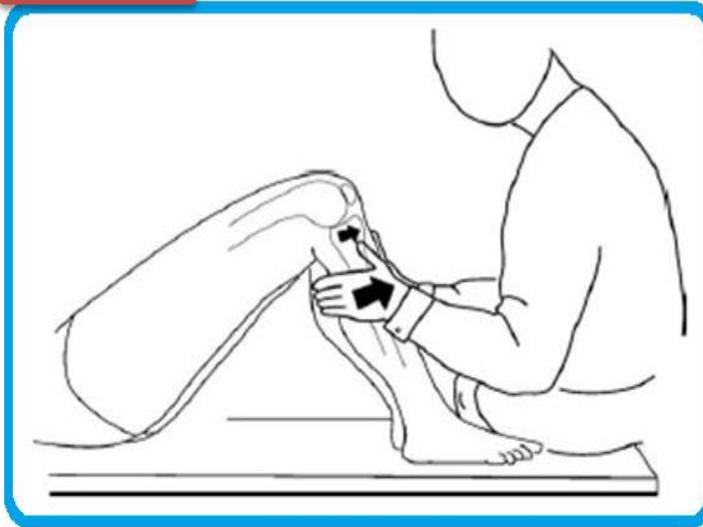
Figura 2



**Prueba de pivot shift.** Se aplican rotación interna y fuerzas en valgo con la rodilla en extensión casi completa (parte superior de la figura). Si hay rotura de LCA, la tibia presentará una ligera subluxación anterolateral. A continuación, se pide al paciente que flexione la

rodilla unos 40° (parte inferior del dibujo). La cintilla iliotibial pasará de ser un extensor de rodilla a un flexor de esta, lo que reducirá la subluxación de la tibia, y, en algunos casos, se oye un golpe (indicativo de rotura de LCA). Prueba con alto riesgo de dañar el menisco, por lo que no se recomienda repetirla.<sup>9</sup>

**Figura 3**



**Prueba del cajón**

**anterior:** El paciente se ubica en posición decúbito supino, con la rodilla afectada en flexión de 90°. El clínico coloca el pie del paciente bajo su muslo e imprime una fuerza anterior sobre la tibia, para evaluar el grado de traslación y la calidad de la terminación (endfeel)<sup>9,17</sup>. Modificado de S. Brent

*Brotzman, Kevin E. Wilk. Rehabilitación ortopédica clínica. Segunda edición, Madrid España. Editorial Elsevier, 2005*

## **I.3 TRATAMIENTO QUIRÚRGICO DE LCA.**

### **I.3.1 Consideraciones generales.**

Como ya se ha mencionado anteriormente la lesión del LCA representa el 50% de las lesiones ligamentosas de rodilla, produciéndose el 75% durante actividades deportivas<sup>1</sup>

Al provocarse la lesión ligamentosa, la decisión de realizar un tratamiento, quirúrgico o conservador, dependerá de diferentes variables. Es por ello que la indicación de la cirugía ha de ser una decisión consensuada entre el paciente y el cirujano, tomándose en cuenta la posibilidad de disminuir la actividad en pacientes que no estén interesados en someterse a cirugía reconstructiva o cuya sintomatología sea escasa. En los pacientes sedentarios, el tratamiento conservador

ha de ser la primera opción. Por tanto, habrá que tener en cuenta algunos parámetros a la hora de sentar la indicación:

La edad es un factor importante. Ya que es poco probable que los pacientes jóvenes (<45 años) vayan a modificar su actividad y, por lo tanto, en estos casos la cirugía reconstructiva del LCA es la mejor elección para evitar la degradación articular. Claro que es importante tener en cuenta que en pacientes con edad por encima de los 45 años, no debe ser una contraindicación si se trata de pacientes activos.<sup>18</sup>

La presencia de una lesión meniscal en un paciente que ha tolerado hasta ese momento la falta del LCA debe inclinar hacia la reparación quirúrgica, sobre todo si es posible realizar una sutura de la lesión del menisco, ya que la extirpación del cuerno posterior va a aumentar la inestabilidad de la rodilla y favorecer la aparición de episodios de fallo articular y, por lo tanto, los fenómenos degenerativos.<sup>18</sup>

Aunque no existe un consenso en el tiempo de reparación post-lesión, los estudios comparativos parecen indicar que la cirugía tres semanas después del accidente disminuye el riesgo de rigidez articular. Sin embargo, el tiempo no es el factor determinante para decidir el momento de la operación, sino la situación de la rodilla; vale decir la presencia de edema y que la rodilla recupere el arco de movilidad completo de ésta.<sup>18</sup>

En resumen se recomiendan las siguientes indicaciones de tratamiento quirúrgico<sup>1</sup>

- Atleta activo que desea continuar en alto nivel competitivo.
- Pacientes que presentan lesión de menisco reparable acompañada de lesión de LCA.
- Lesión completa con otro ligamento lesionado
- Pacientes que experimente gran inestabilidad en actividades de la vida cotidiana.

### **I.3.2 Cirugía del LCA**

Habitualmente se van conociendo distintos trabajos con técnicas nuevas de reconstrucción del LCA, sistemas de fijación, cantidad de bandas (monofascicular o bifascicular) o plastias de diverso tipo. En la actualidad los más utilizados son el injerto STG y HTH. Desde los trabajos de Kurosaka et al en 1987, los tornillos interferenciales se han hecho más comunes, haciéndose de uso más frecuente como sistema de fijación, comenzado a utilizar en mayor número como sistema de anclaje de las plastias de LCA, debido a la facilidad en la técnica y la fijación primaria obtenida, la cual favorece un tratamiento más temprano post-operatorio. Además de la importancia del tratamiento post-quirúrgico, el éxito de la cirugía dependerá entre otros factores de: la técnica utilizada, el tipo de injerto y las fijaciones de este.<sup>19</sup>

Actualmente la mayoría de las reconstrucciones del LCA se hacen mediante la técnica artroscópica, cuyas ventajas incluyen una mejoría estética, menor alteración del mecanismo en cuádriceps, rehabilitación temprana y mantenimiento de la hidratación del cartílago articular.<sup>19</sup>

Cabe concluir que no existen razones consistentes para prescribir ya sea injertos autologos o aloinjertos, ya que existen varios injertos que pueden cumplir los requisitos (Tabla 3) establecidos para sustituir al LCA original y proporcionan igual grado de satisfacción subjetiva, por lo tanto quien debe tomar la decisión más adecuada es el cirujano en función del caso, su experiencia personal, la disponibilidad de injertos en los bancos de tejidos, la situación económica y elección del paciente, según sean sus requerimientos, expectativas, y anhelos posterior a la cirugía<sup>19</sup>.

**Tabla 3**

**Condiciones que debe reunir el injerto «ideal»**

Resistencia adecuada  
Facilidad de obtención  
Escasa morbilidad de la zona donante  
Fijación inmediata y sólida  
Rápida reincorporación  
Reproducir las propiedades mecánicas del LCA

### **I.3.2.1 Tipo de injerto**

Miller en 2002, plantea que el injerto ideal debe reunir las siguientes características<sup>20</sup>:

- Reproducir las condiciones biomecánicas del LCA original.
- Mínima morbilidad del sitio donante.
- Lograr una fijación estable.

- Promover una incorporación biológica rápida.
- Permitir una rehabilitación acelerada.

Los injertos que buscan dichas características se pueden diferenciar hoy en día en 2 grandes grupos, los autoinjertos y los aloinjertos.

#### **I.3.2.1.1 Autoinjertos**

Dentro de los autoinjertos los de mayor difusión y empleo son el STG y el HTH. El injerto HTH tiene una resistencia inicial de 2977 N y se calcula que la resistencia del complejo STG es de 4000N, siendo importante destacar que el LCA indemne tiene una resistencia de 2500 N. Sin embargo esta resistencia disminuye mucho después de la implantación quirúrgica. En la actualidad, se considera que la resistencia inicial del injerto debe ser superior a la del LCA normal para conseguir una fuerza ligamentosa suficiente, ya que se pierde resistencia durante el proceso de religamentización.<sup>9</sup>

En los últimos 20 años, debido a los efectos secundarios y/o desventajas que pueden presentar los injertos de HTH tales como, potencial dolor anterior de rodilla, fracturas y crepitaciones de patela, se ha producido un aumento considerable de la cirugía reconstructiva con injerto STG en desmedro de los anteriores, ya que esta técnica eventualmente solo causaría debilidad de los músculos isquiotibiales.<sup>21</sup>

Ambos tipos de autoinjertos se describen en mayor detalle a continuación (Tabla 4)<sup>25</sup>:

**a) Hueso - Tendón - Hueso:**

El HTH al ser un autoinjerto y presentar bloques óseos permite una integración mucho más rápida al túnel óseo, en un periodo 6 semanas este ya se encuentra integrado, además le entrega una mejor fijación del injerto y mayor resistencia rotacional.<sup>22</sup> La evidencia actualmente disponible demuestra que el injerto HTH, presenta menor índice de rotura, mayor resistencia a deportes de contacto (fútbol, rugby), y además retorno deportivo precoz.<sup>23</sup>

Entre las principales desventajas que presenta el injerto HTH encontramos; es más complejo de obtener, altera “el aparato extensor de rodilla”, requiere de una incisión más grande, generalmente produce dolor anterior de rodilla y dificultad para hincarse. Este tipo de auto-injerto es más utilizado para atletas de contacto y profesionales y en corredores de velocidad.

**b) Semitendinoso – Grácil:**

Por otra parte el injerto STG es de más fácil obtención, es de una técnica quirúrgica más simple y las características finales del injerto lo hacen parecer de mejor aspecto. El postoperatorio es menos doloroso y la reincorporación laboral es más rápida. Una de las principales ventajas es la preservación del aparato extensor.<sup>24</sup>

Su principal desventaja es la pérdida de fuerza para flexionar la rodilla de aproximadamente un 10%, presenta menor resistencia en la fijación, integración más lenta y mayor elongación; lo que guarda relación con el método de fijación de

la mayoría de los de tejidos blandos. Es más utilizado en individuos que no realizan deportes de contacto o corredores de velocidad.<sup>24</sup>

**Tabla 4**

Tabla 4. Diferencias fundamentales asociadas clásicamente a la utilización del autoinjerto tipo HTH y ST-RI. 94, 141-150

	A Favor	En Contra
HTH	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fijación con taco óseo</li> <li>Mayor capacidad de revascularización</li> <li>Mayor estabilidad</li> <li>Menos fallos</li> <li>Mayor fuerza tensional</li> <li>Mejor flexión</li> <li>Reincorporación mas rápida y vigorosa a los deportes</li> <li>Mejor <i>Tegner Score</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dolor anterior de rodilla</li> <li>Artrosis tardía sobre todo patelofemoral</li> <li>Dificultad para arrodillarse</li> <li>Dificultad para flexoextensión</li> <li>Menos fuerza a la extensión (6 primeros meses)</li> <li>Acortamiento Tendón rotuliano</li> <li>Disminución sensibilidad región medial</li> <li>Técnica mas exigente</li> <li>Pacientes esqueléticamente inmaduros</li> </ul>
ST-RI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidad para la extensión</li> <li>Menos dolor anterior de rodilla</li> <li>Menor dolor al arrodillarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución fuerza para la flexión (6 primeros meses)</li> <li>Dolor posterior de rodilla</li> <li>Debilitamiento de músculos agonistas del LCA</li> <li>Ensanchamiento de túneles</li> <li>Fijación hueso-tejidos blandos</li> <li>Neuromas del safeno interno</li> <li>Hematomas</li> </ul>

### I.3.2.1.2 Aloinjertos.

Una de las principales ventajas de los aloinjertos en relación a los autoinjertos, es que estos no tienen tejido autólogo, lo que permite hacer una cirugía más rápida y menos traumática, con una recuperación más acelerada para realizar las AVD de menor demanda; lo que no significa una incorporación del injerto más rápida.

Los aloinjertos tienen el riesgo remoto de transmisión de enfermedades infecciosas como VIH y Hepatitis, la duda de la calidad del tejido ya que no se puede conocer la condición del donante y rehabilitación es más lenta; principalmente porque este material tarda más en integrarse al hueso. Además se encuentra el riesgo de respuesta inmune. Razones por la cual se recomienda en edades más avanzadas.

Por último se debe considerar el riesgo de rechazo de algunos pacientes, que prefieren no utilizar injertos de donantes.

En la década del 80 los ligamentos sintéticos fueron muy utilizados, pero estudios revelaron altos niveles de fallo y frecuentes complicaciones, ya que no resistían adecuadamente, las cargas fisiológicas y además favorecían signos de sinovitis articular.<sup>26</sup> Durante un tiempo, aunque actualmente están en desuso, se han utilizado como medio de refuerzo los injertos biológicos y las prótesis sintéticas de distintos componentes como nylon, ácido poliglicólico trenzado; Dacron; polietileno Poliflex®, polietileno tereftalato (ligamento Leeds-Keio®)<sup>18</sup>.

### **I.3.2.2 Fijación del injerto**

Independiente del tipo de injerto que sea utilizado, el punto más débil de este, en las primeras fases se encuentra a nivel de la fijación en el túnel óseo, hasta que se produce la integración tendón-hueso. Posterior a esta integración la zona más débil a partir desde ese momento será el propio injerto. Para contrarrestar las sollicitaciones biomecánicas sobre la plastía, principalmente durante el proceso de integración, se utilizan ortesis de apoyo para la deambulacion del paciente.<sup>24</sup> Sin embargo se han desarrollado dispositivos que han proporcionado una mayor solidez a la fijación del tendón en el túnel óseo, eliminando la necesidad de la inmovilización postoperatoria.<sup>18</sup>

### **I.3.2.3 Túneles de fijación del injerto**

Uno de los factores más importantes en el resultado de la cirugía es la posición de los túneles, que serán los puntos de inserción de las plastías

La inserción tibial del injerto se ubica en el punto de inserción original del fascículo PL con el objetivo de evitar choque o roce con la escotadura intercondilea (que debe ser comprobado sistemáticamente con la flexo-extensión tras la colocación de la plastía) y el origen femoral se localiza a nivel del fascículo (AM), evitando asimismo el citado choque intercondileo y obteniendo una disposición de la plastía que proporciona menor posibilidad de elongación. Es decir en la reconstrucción monofascicular se reproduce el fascículo AM utilizando la inserción tibial del fascículo PL.<sup>18</sup>

#### **I.3.2.4 Fijación del injerto**

La fijación representa desde el punto de vista biomecánico el eslabón más débil en la reconstrucción del LCA durante las primeras semanas, hasta que se obtenga la correcta cicatrización e integración del injerto en el interior del túnel óseo. Debe resistir las tensiones que se generen sobre el injerto durante la marcha y los ejercicios de rehabilitación precoces necesarios para obtener un buen resultado.

Habitualmente se fija el injerto de ligamento en el túnel femoral y se aplica la tensión en sentido distal fijándolo posteriormente en la tibia.

Si el injerto queda muy distendido, la estabilidad antero-posterior continuará de forma anormal. Si por el contrario la tensión del injerto, al ser fijado durante la cirugía, es considerablemente mayor que la del LCA, existe una probabilidad muy grande de ruptura del injerto, además de una pobre vascularización, degeneración mixoide, subluxación posterior de la tibia,

propiedades mecánicas inadecuadas y una extensión incompleta de la articulación. Conseguir la estabilidad y eliminar el pivot shift son los indicadores de un buen resultado quirúrgico.<sup>18</sup>

Para la fijación de los tendones STG existen múltiples opciones, lo que hace sospechar que ninguna de ellas es la ideal (Tabla 5)<sup>18</sup>

**Tabla 5**

Fémur		Tibia	
Cortical	Esponjoso	Cortical	Esponjoso
Tornillo y alambre	Encaje	Tornillo y alambre	Interferencia
Tope cortical	Interferencia Transversal	Grapa	Taco óseo Taco expansivo

La solidez de los anclajes femorales de los tendones ha mejorado considerablemente y son actualmente las más utilizadas. Son más difíciles de utilizar en la inserción tibial y la mayoría de los autores recurre a una doble fijación con tornillos interferenciales y grapas corticales sobre los tendones.<sup>18</sup>

### I.3.2.5 Ligamentación o maduración del injerto

El proceso de maduración del injerto o también llamado proceso de ligamentización, es aquel en el cual el injerto logra la adaptación funcional que tiene lugar en un injerto tendinoso, después de 30 semanas, para convertirse en el ligamento al que sustituye.<sup>27</sup>

El proceso de maduración de cualquier implante de LCA pasa por fases.

- Necrosis avascular: 1-6 semanas.
- Revascularización: 6-12 semanas.
- Proliferación celular: 20 semanas.
- Remodelación (maduración): 24-48 semanas.

Estos estadios pueden no tener un desarrollo escalonado y pueden superponerse una fase sobre otra. En el proceso de maduración del injerto se deben tener en cuenta las dos zonas bien diferenciadas, el injerto intraarticular, donde se produce la ligamentización, y otra extrarticular, donde ocurre la integración en los túneles, periodo el cuál será variable según el tipo de injerto utilizado.<sup>28</sup>

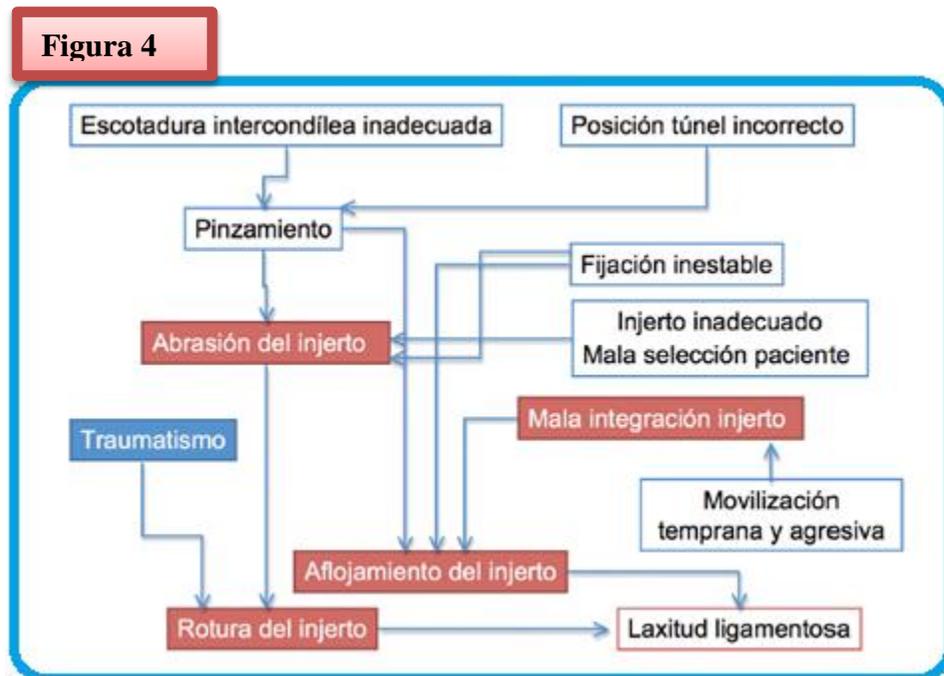
Sin embargo, se ha encontrado que la ligamentización con la celularidad y estructura de colágeno normal se alcanza solo a los 3 años, a pesar de esto, el injerto presenta a los 6 meses la vascularidad y el patrón de las fibras del LCA original y a los 12 meses aproximadamente ocurre maduración desde el punto de vista histológico.<sup>29</sup>

Variadas moléculas son las encargadas de realizar y regularizar el proceso de curación tendinosa y ligamentosa, proceso por lo demás muy complejo. Se puede intervenir y acelerar la curación, además de aumentar la fuerza mecánica de las reparaciones con factores de crecimiento biológicos exógenos, debido a la importante participación de estos en la cicatrización de los tendones y ligamentos.<sup>30</sup>

La cicatrización del injerto STG se logra con la formación de tejido fibrovascular en la interfaz tendón-hueso (T-H) y por crecimiento óseo interno en la misma y la formación de fibras de colágeno (fibras de Sharpey) entre T-H.<sup>31</sup>

### I.3.2.6 Falla del Injerto

Revisiones de los fracasos de las reconstrucciones del LCA llegaron a la conclusión de que el fracaso de un injerto no está determinado específicamente por un factor, y por ende tiene una etiología multifactorial (Figura 4)<sup>32</sup>



## **I.4 ENTRENAMIENTO KAATSU**

### **I.4.1 Introducción**

La salud del hombre parece estar íntimamente vinculada con el régimen de actividad física o ejercicio que le imponga a su estilo de vida, esto reconocido en la actualidad y por todos los grandes círculos de cultura de la antigüedad.

Hipócrates, bien lo sabía aproximadamente en el año 460 A.C, cuando decía “Las diferentes partes del organismo que cumplen una función, para mantenerse sanas, deben ser utilizadas y ejercitadas con el trabajo, de manera que se mantengan bien desarrolladas y envejecan más lentamente; en cambio, si no se utilizan, se convierten en enfermizas, su desarrollo no es óptimo y envejecen antes de tiempo”.

Los beneficios reconocidos del entrenamiento muscular adecuado pueden disfrutarse a cualquier edad, incluyendo edades prepuberales y nonagenarias.<sup>4</sup>

Cuando se habla del concepto de entrenamiento muscular, con el fin de tener una mejor condición física, un mejor estado de salud, entre otros, se asocia principalmente a lo largo de la historia a entrenamientos de alta intensidad, de alta exigencia y de entrenamientos exhaustivos, lo que muchas veces conlleva a que los individuos no tengan un real apego al entrenamiento muscular, ya sea por falta de motivación, por encontrar las rutinas muy extenuantes o muy largas y agotadoras entre otras variantes.

Las recomendaciones tradicionales, respaldadas por el ACSM, establecen que la intensidad adecuada de entrenamiento para incrementar la fuerza máxima o

el tamaño muscular debe superar el 70% de una RM. Con el entrenamiento con resistencias de alta intensidad, se requiere conseguir una gran sollicitación neurológica y mecánica de la musculatura, que estimule los procesos de activación y coordinación muscular y posteriormente de síntesis proteica y anabolismo, que tendrán como consecuencia el incremento de la fuerza y la hipertrofia muscular.<sup>33</sup>

Además, el modelo de adaptación al entrenamiento de alta intensidad descrito por Sale en 1988, establece que es necesario entrenar al menos 4 semanas para inducir adaptaciones estructurales en el músculo esquelético.<sup>3</sup>

Sin embargo, en ciertas circunstancias resulta prácticamente imposible realizar progresiones del entrenamiento hacia mayores intensidades, con el fin obtener hipertrofia, resistencia y fuerza muscular, como ocurre en el caso de lesiones, limitaciones ortopédicas, patologías o inadaptación a las cargas. Ante estas situaciones la progresión del entrenamiento está comprometida, y con ella los potenciales beneficios derivados del incremento morfológico y funcional del sistema neuromuscular. Es por esto que nace una nueva técnica derivada de estudios japoneses, conocido como KAATSU.

#### **I.4.2 ¿Qué es el KAATSU?**

En Japón, en el año 1983, se autorizó y se puso a disposición del público una nueva metodología de entrenamiento. Su inventor, Yoshiaki Sato, desarrolló esta nueva técnica gracias a subvenciones estatales, adscritas a un plan para el incremento de la autonomía de los ancianos japoneses. En vista de los resultados obtenidos tras los primeros estudios, Sato comercializó este método de

entrenamiento bajo el nombre de KAATSU. En la actualidad, el entrenamiento KAATSU es ampliamente utilizado en centros de fitness y rehabilitación de Japón. Su gran éxito en el país nipón despertó el interés de los científicos occidentales, lo que ha supuesto que las publicaciones científicas en revistas internacionales se hayan multiplicado en la última década. En el mundo occidental se conoce al entrenamiento KAATSU por diversos nombres, como “*blood flow restriction training*”, entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo, “*occlusive training*”, entrenamiento oclusivo, “*vascular occlusion training*”, entrenamiento con oclusión vascular, “*ischemic training*”, entrenamiento isquémico o “*training with local ischemia*”, entrenamiento con isquemia local.<sup>3</sup>

El entrenamiento KAATSU consiste; en la restricción del flujo sanguíneo tanto aferente como eferente durante un ejercicio de baja intensidad. Esto reduce el aporte arterial y retorno venoso; es decir, cambia drásticamente la exigencia metabólica del ejercicio. La oclusión se genera en la parte proximal de la extremidad que se desea entrenar. Para ocluir un miembro pueden utilizarse bandas elásticas, cintas velcro, torniquetes neumáticos electrónicos o manuales y cualquier otro dispositivo de invención casera. Se han utilizado presiones que oscilan entre los 50 y más de 200mmHg para generar la oclusión parcial del miembro en cuestión. Del mismo modo, es frecuente encontrar estudios que expresen la presión de oclusión en relación con la presión arterial sistólica (PAS) del individuo:  $1,3/PAS$ .

Además de la presión ejercida, hay otras variables que influyen en el nivel de oclusión, como la anchura de la banda, el perímetro de la extremidad o la composición corporal del individuo.<sup>33</sup>

Estudios recientes, indican que el nivel de oclusión no determina los resultados del entrenamiento. Por tanto, dispositivos que no permiten controlar de forma precisa la presión ejercida, tales como cinchas, bandas elásticas o cintas velcro, pueden emplearse para entrenar en isquemia, sobre todo cuando no existan los medios adecuados.<sup>33</sup>

#### **I.4.3 Mecanismos de acción del KAATSU**

Aunque aún no se ha esclarecido los mecanismos por cuales este método induce crecimiento muscular, se han propuesto algunas explicaciones, las cuales serán descritas a continuación.

##### ***a) Incremento de la respuesta hormonal anabólica***

El entrenamiento KAATSU incrementa significativamente la liberación de hormonas con una potente acción sobre el crecimiento muscular como es la hormona del crecimiento (GH), IGF-1, NA<sup>4</sup>

El entrenamiento KAATSU incrementa la acidez intramuscular, situación que podría ser la causante del incremento en la producción de GH.<sup>4</sup>

##### ***b) Incremento de la síntesis proteica.***

En 2007, Fujita et al registraron un incremento de la síntesis proteica del músculo por una mayor actividad de la fosforilación de la ribosoma S6 kinasa 1, sugiriéndose un incremento de la translación para la posterior síntesis proteica.

También sugirieron que la activación de la vía de señalización celular del *mammalian target of rapamicin* (mTOR) puede estar muy involucrada en la hipertrofia muscular tras el entrenamiento con KAATSU<sup>4</sup>

***c) Mayor reclutamiento de las fibras rápidas***

El ambiente hipóxico derivado por el KAATSU, reduce la eficiencia muscular por lo que el tejido contráctil requerirá el reclutamiento de nuevas unidades motoras o el número de fibras rápidas activadas para generar un determinado nivel de fuerza<sup>4</sup>

Según el principio del tamaño o de Henneman, estas unidades con mayor capacidad de generar fuerza y con mayor potencial hipertrófico son reclutadas en entrenamientos de grandes esfuerzos. Sin embargo, el KAATSU permite obtener el mismo reclutamiento de fibras rápidas que durante un entrenamiento con la RM.<sup>4</sup>

***d) Incremento de la síntesis proteica por activación de señalizaciones intracelulares***

Existen gran cantidad de evidencias que demuestran que el ejercicio activa señalizaciones intracelulares que incrementan la subsiguiente síntesis de proteínas y crecimiento celular, especialmente el entrenamiento contra resistencias debido a la tensión mecánica que desencadena.<sup>4</sup>

Por lo tanto los mecanismos desencadenados por la oclusión potenciarán los efectos del entrenamiento de fuerza de baja intensidad.

### **I.4.3 Efectos del KAATSU**

#### ***a) Efectos estructurales del KAATSU.***

Uno de los efectos principales del KAATSU se centra en las modificaciones estructurales que desencadena pese a realizar un estímulo de entrenamiento de baja intensidad y gran número de repeticiones, en cortos periodos de tiempo.<sup>4</sup>

Estos cambios resultan similares a los recogidos en estudios de 2-3 meses de duración aplicando mayores intensidades de las llevadas a cabo en el entrenamiento KAATSU.<sup>4</sup>

#### ***b) Efectos funcionales del KAATSU.***

Además del incremento de la sección transversal del músculo, el KAATSU ha obtenido resultados a nivel funcional muy alentadores para diferentes poblaciones.<sup>4</sup>

### **I.4.4 Seguridad del KAATSU.**

A pesar de la gran cantidad de estudios que demuestran su eficacia, el uso de la isquemia tisular suscita obvias reticencias, centradas principalmente en posibles respuestas cardiovasculares adversas, formación y liberación de coágulos sanguíneos y daños nerviosos y musculares. En estudios sobre la seguridad de su aplicación, hasta la fecha, no se han encontrado marcadores plasmáticos de alteraciones de la coagulación tras una sesión de ejercicio con isquemia moderada. Existen solo estudios que avalan la seguridad de la técnica, tampoco parece afectar

a la producción de especies reactivas de oxígeno, medidas a través del peróxido lipídico, glutatión y carbonilos plasmáticos, ni de marcadores de daño muscular, como la creatín kinasa.<sup>34</sup>

Un amplio estudio ha descrito los efectos adversos observados tras una sesión de ejercicio en isquemia. En total, se computaron más de 30000 sesiones, y se describieron como efectos secundarios más comunes hematoma (13,1%), adormecimiento del miembro (1,3%) y mareo ligero (0,3%)<sup>35</sup>

Efectos secundarios graves, como trombosis venosa profunda, se han manifestado muy raramente (0,06%), con una tasa de incidencia incluso menor a la media general asiática (0,2-0,6%). En definitiva, en personas sanas, la isquemia moderada y ligera ha mostrado ser segura aplicada en las condiciones descritas en la literatura, no así la isquemia severa. En cualquier caso, se desaconseja su aplicación a personas con factores de riesgo cardiovascular.<sup>3</sup>

## **CAPITULO II**

### **REVISION DE LA LITERATURA**

#### **II.1 BÚSQUEDA SISTEMÁTICA**

El objetivo de esta búsqueda es obtener la mayor cantidad de información disponible en relación al entrenamiento *KAATSU*, para inducir aumento de fuerza, hipertrofia muscular y por consecuencia cambios en la estabilidad anteroposterior, en pacientes sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA. Ya sea información extraída de estudios como; ensayos clínicos, estudios experimentales, casos y controles, revisiones sistemáticas, etc.

#### **II.2 PREGUNTA DE BÚSQUEDA**

¿Es efectivo el entrenamiento *KAATSU* para la rehabilitación post operatoria de pacientes sometidos a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior?

#### **II.3 RECURSOS DE BÚSQUEDA.**

##### **II.3.1 Bases de datos utilizados**

- **MEDLINE**

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

- **COCHRANE**

<http://cochrane.bvsalud.org/>

- **LILACS**

<http://lilacs.bvsalud.org/es/>

- **SCIELO**

<http://www.scielo.org/php/index.php>

### **II.3.2 Revistas científicas utilizadas**

- International Journal of Kaatsu Training Research

<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/ijktr>

### **II.3.3 Búsqueda en biblioteca**

Se realizó una búsqueda en la biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad de La Frontera, con el objetivo de analizar la información disponible respecto a la anatomía, biomecánica, historia natural de las lesiones de LCA, tratamiento quirúrgico y rehabilitación post quirúrgico de esta. El resultado de esta búsqueda arrojó un total de 5 libros de interés que permitieron respaldar el marco teórico y ampliar los conocimientos sobre la temática en cuestión.

### **II.3.4 Búsqueda en internet**

- Scholar Google.

<http://scholar.google.cl/>

### **II.3.5 Consulta a clínicos.**

Conjuntamente con esto se entrevistó a distintos kinesiólogos encargados de centros kinésicos, hospitales y clínicas de la ciudad de Temuco, dedicados al área de rehabilitación musculoesquelética; donde se ven afrontados frecuentemente a la rehabilitación de pacientes sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA.

## **II.4 TÉRMINOS UTILIZADOS**

### **II.4.1 Términos utilizados Bases de datos MEDLINE**

Para buscar artículos relacionados con entrenamiento *KAATSU* en la base de datos Medline mediante el motor de búsqueda Pubmed; los términos libres utilizados fueron: “*Kaatsu*”, “*Low blood flow training*”, “*Low blood flow*”, “*Low-load resistance*”, “*Anterior cruciate ligament*”, “*Anterior cruciate ligament reconstruction*”.

Para el término “*Kaatsu*” por sí solo, la base de datos Pubmed arrojó un total de 13 estudios, los cuales se redujeron a 11 al ser utilizados los filtros: de lenguaje “*English*”, y de especies “*humans*”, luego de ser leídos los abstracts fueron seleccionados 5 artículos por tener relación con el tema, los cuales al ser sometidos al filtro, “*free full text available*”, solo un artículo se encontraba disponible; por lo tanto, los otros cuatro artículos de interés fueron solicitados en páginas de internet especializadas a la descarga de estos.

Al ser utilizado el término “*low-load resistance*” por sí solo, con el filtro especies “*humans*”; arrojó 55 artículos que tenían implicancia con el tema, de los

cuales se seleccionaron 4 luego de hacer un análisis de los *abstracts*, sin embargo de estos 4 artículos, solo existe un artículo que tiene real implicancia con nuestra pregunta de búsqueda.

Al realizar el filtro de “*free full text available*” ninguno de estos artículos se encontraba disponible, sin embargo se logró conseguir un artículo mediante páginas de internet especializadas a la descarga de estos, justamente el artículo de mayor importancia para este estudio.

Conjuntamente, para conocer el estado del arte respecto a la reconstrucción de LCA se realizó una búsqueda en la base de datos Medline. Ésta se realizó a través del término MeSH: “*Anterior cruciate Ligament reconstrucción*” la cual entregó un total de 184 resultados. Al agregar límites a la búsqueda como: “*free full text available*” y fecha de publicación los últimos 5 años. Se redujo la cantidad de artículos a 12 resultados. De estos al combinar el termino descrito con el termino libre “*Hamstring*” la búsqueda se redujo a 4 artículos que relacionaban la cirugía de reconstrucción de LCA con los músculos isquiotibiales. Para acotar aún más el proceso de búsqueda se agregó el termino libre “*hamstring tendón autografts*” mediante la cual se obtuvieron 2 resultados, los cuales fueron utilizados para sentar bases del marco teórico de la intervención en cuestión.

#### **II.4.2 Términos utilizados Bases de datos LILACS**

En la base de datos LILACS; los términos libres utilizados fueron: “*Kaatsu*”, “*Low blood flow training*”, “*Low blood flow*”, “*Low-load resistance*”, “*Anterior cruciate ligament*”, “*Anterior cruciate ligament reconstruction*”. Los

cuales arrojaron una numerosa cantidad de estudio, sin embargo ningún artículo de interés.

#### **II.4.3 Términos utilizados Bases de datos SCIELO**

En Scielo, al realizar una búsqueda con palabras claves como: “*Kaatsu*”, “*Low blood flow training*” y “*blood flow restriction*”, entregaron una cantidad considerable de resultados, en donde no todos poseían directa relación con el entrenamiento KAATSU, sin embargo al realizar la combinación de estos términos, se llegó al resultado de solo un artículo relevante.

#### **II.4.4 Términos utilizados Bases de datos Cochrane Biblioteca Virtual en Salud (BVS)**

La base de datos Cochrane, arrojó para el término “*Kaatsu*” solo dos resultados, los cuales correspondían a estudios ya encontrados en la base de datos Medline.

Al utilizar los demás términos libres determinados para la búsqueda no se obtuvieron resultados relacionados al entrenamiento KAATSU, lo cual sí sucedió al realizar la combinación de los términos libres, encontrando un artículo, que correspondía a uno de los mismos encontrados durante la búsqueda con el término “*Kaatsu*” por sí solo, en esta misma base de datos.

#### **II.4.5 Términos usados en la International Journal of Kaatsu Training Research**

En la International Journal of Kaatsu Training Research, no se utilizaron términos libres para buscar artículos relacionados, ya que al ser una revista

especializada en dicha técnica de entrenamiento, los 36 artículos disponibles estaban vinculados con el tema; de los cuales al realizar una revisión de los *abstracts*, solo 12 fueron seleccionados para sostener el marco teórico del presente estudio. Todos los estudios en dicha página, se encontraban disponibles para ser descargados.

#### **II.4.6 Términos utilizados en internet.**

Al consultar el buscador Scholar Google se encontraron otros tres artículos de gran interés.

Conjuntamente al incluir los términos “*Low-Intensity Resistance Training and anterior cruciate ligament reconstruction*”; arrojó solo un resultado, el cual sería de gran utilidad para el estudio en cuestión, que si bien no es un artículo; es una presentación diseñada para exponer en el VIII congreso de la “International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine” (ISAKOS) realizado en Mayo del 2011 en Rio de Janeiro, Brasil.

Aunque no puede ser analizado críticamente por no poseer el estudio completo, sirve para sentar bases en cuanto a los resultados obtenidos con el entrenamiento KAATSU.

Además se utilizaron los términos “*ligamento cruzado anterior*”, “*cirugía de reconstrucción de ligamento cruzado anterior*” y sus respectivos en el idioma inglés combinados con la expresión “*semitendinoso grácil*”, se encontraron 346 artículos. Al limitar la búsqueda tanto al idioma inglés y español agregando su disponibilidad gratuita se encontraron un total de 7 artículos relacionados al tema, más un artículo de tesis, cuyos títulos no se encontraban en otras bases de datos.

Estos fueron seleccionados para sustentar el marco teórico de la investigación, en cuanto a las características biomecánicas, quirúrgicas y epidemiológicas.

## **II.5 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA Y ANÁLISIS CRÍTICO.**

### **II.5.1 Resultados de la búsqueda**

Del total de estudios que fueron encontrados en los distintos recursos de búsqueda, solo un artículo es el que tiene real implicancia con nuestra pregunta de búsqueda. Sin embargo existen otros 31 artículos seleccionados, además de material bibliográfico utilizados para sustentar el marco teórico.

### **II.5.2 Análisis crítico**

**Título:** “Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction”<sup>36</sup>.

**Autores:** Haruyasu Ohta, Hisashi Kurosawa, Hiroshi Ikeda, Yoshiyuki Iwase, Naohiro Satou and Shinji Nakamura.

**Revista:** *Acta Orthop Scand*

**Año:** 2003.

Este artículo corresponde a un ensayo clínico aleatorizado que tiene por objetivo determinar si el entrenamiento KAATSU, provocaría un aumento de la fuerza, sección transversal muscular, y el aumento del diámetro de las fibras musculares según tipo de fibra, posterior a la cirugía de reconstrucción del LCA.

La población diana de este estudio corresponde a los pacientes sometidos a rehabilitación postquirúrgica de LCA, donde se reclutaron 44 sujetos de entre los 18 a 52 años (edad media 29 años), los cuales fueron divididos en 2 grupos (mediante un proceso de aleatorización simple) en función del último dígito de sus identificaciones (cédulas de identidad). Un grupo (grupo N) fue asignado para la rehabilitación normal (según criterio de los autores), mientras que el otro grupo (grupo R) fue tratado con la misma rehabilitación del grupo N más KAATSU.

Los sujetos seleccionados para participar en el estudio debían haber sido sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA mediante el método STG en los departamentos de Ortopedia de la University School of medicine Tokio, Japón. Sin señalar criterios de exclusión para esto. El tiempo establecido para reclutar la muestra fue desde septiembre de 1999 a septiembre del 2000.

El estudio se llevó a cabo durante 16 semanas post cirugía.

La rehabilitación en el grupo R se llevó a cabo utilizando un torniquete a 180mmHg de presión, en la porción proximal de la pierna afectada, con el fin que indujera la restricción del flujo sanguíneo. Los ejercicios indicados para la terapia, ya sea en el grupo N o R consisten en; elevación de la pierna extendida, ejercicios de abducción de cadera, de aducción con balón interpuesto, Step-up, media sentadilla y flexión de rodilla contra resistencia. Todos indicados bajo criterios de progresión.

Las variables de resultado fueron; la fuerza de extensores y flexores de rodilla, área de sección transversal del grupo muscular femoral y diámetros de los tipos de fibras musculares involucradas. Para lo cual se establecieron mediciones específicas para cada una de éstas.

Los resultados muestran que el KAATSU es un método eficaz para lograr el aumento de la fuerza, del volumen muscular, pero no así en relación con el diámetro de las fibras muscular según tipo de fibra.

### **Critica.**

Según lo propuesto por Guyatt y Sackett en la guía Jama.1993 en relación a “cómo utilizar un artículo de tratamiento o prevención”. Se determina que la distribución de los grupos fue mediante un proceso aleatorización simple la cual permitió entregar una distribución homogénea de los grupos en cuanto a sexo, edad, miembro dominante y peso. En cuanto a los criterios de inclusión al estudio, se determinó que estos fueron insuficientes pues no establecieron relaciones entre el grupo etario., actividad laboral, nivel socioeconómico, mecanismo de lesión, lesión conjunta (triada de O´Donogue) o aislada de LCA, ni condición física de los pacientes. Se considera que no son suficientes para poder extrapolar los resultados a la población, por lo tanto este hecho podría afectar las significancia de los resultados. Se estima que cualquiera de estos criterios podría cambiar significativamente el resultado del estudio, por lo que se consideró una deficiencia en el reclutamiento de los individuos.

En el estudio no se ha mantenido un diseño ciego respecto al tratamiento aplicado, en cuanto a los pacientes, los clínicos y el personal del estudio, estos probablemente tengan una opinión formada respecto a la eficacia de los resultados y método de la intervención. Este hecho puede distorsionar sistemáticamente, los demás aspectos del tratamiento y también la notificación de los resultados obtenidos, con lo que se reducirá la fiabilidad de las conclusiones del estudio.

En relación al método de intervención en el grupo con entrenamiento KAATSU, se propone un método de auto-rehabilitación, en donde el paciente es capacitado para manejar el manguito de insuflación con el cual se efectuara la oclusión vascular, considerando controles esporádicos para realizar las mediciones. Se determinó que esta forma de tratamiento; al no tener un control riguroso por parte de los investigadores puede derivar en potenciales sesgos que pudieran interferir en los resultados de la investigación; como no realizar los ejercicios de manera adecuada, deficiencias en la dosificación al practicar la auto-rehabilitación, omisión de las sesiones practicadas en casa, entre otros.

Sin embargo si se realizó un seguimiento adecuado para el método propuesto desde el comienzo al fin de la investigación, con controles esporádicos y revisión del libro de registros.

En relación a los resultados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la estabilidad anterior de rodilla, cuantificadas mediante el artrometro en los periodos preoperatorio y postoperatorio. (Tabla 6).<sup>36</sup>

<b>Tabla 6</b>		
	N group	R group
<i>Anterior instability (133N, mm)</i>		
Preoperative KT2000	5.3 (1.6)	5.3 (2.3)
Postoperative KT2000	1.2 (1.2)	1.2 (1.2)
No significant differences were found.		

A pesar de esto, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la fuerza muscular en las mediciones preoperatorias y postoperatorias (periodo de 16 semanas) de los grupos extensores y flexores de rodilla (Tabla 7)<sup>36</sup>. Además se evidenciaron cambios significativos en la sección transversal de los músculos extensores, no así en el grupo de los flexores, ambas mediciones realizadas antes y después de la cirugía. (Tabla 8)<sup>36</sup>

**Tabla 7**

	Before surgery		16 weeks after surgery		p-value
	N group	R group	N group	R group	
<b>Knee extensor muscle strength</b>					
CC60	86 (14)	84 (13)	55 (17)	76 (16)	<0.001
CC180	90 (9)	84 (14)	65 (13)	77 (13)	0.004
IM60	94 (21)	92 (19)	63 (19)	84 (19)	<0.001
<b>Knee flexor muscle strength</b>					
CC60	90 (16)	96 (21)	72 (15)	81 (14)	0.05
CC180	99 (16)	96 (19)	74 (12)	84 (18)	0.04
IM60	94 (17)	91 (18)	62 (14)	72 (11)	0.02

**Tabla 8**

	Before surgery injured / healthy ratio	Preop. / postop. ratio
<b>Knee extensor muscle group</b>		
N group	92 (11)	92 (12)
R group	91 (7)	101 (11) <sup>a</sup>
<b>Knee flexor muscle + adductor muscle groups</b>		
N group	97 (11)	102 (23)
R group	99 (3)	105 (19)

<sup>a</sup> p=0.04, preoperative / postoperative ratio, N group versus R group at the operated side

Por lo tanto los resultados encontrados por los investigadores fueron relevantes y necesarios para dar respuesta a la pregunta de investigación, por lo tanto se podrán generar discusiones y conclusiones correctas en relación a los hallazgos.

Para concluir, se puede determinar que pese al hecho de que se hallaron ciertas deficiencias en cuanto a la metodología, también se encontraron aciertos. Por lo tanto, esta investigación, nos permite sentar las bases para rehabilitar pacientes sometidos a reconstrucción del LCA mediante el entrenamiento KAATSU, para inducir el aumento de fuerza e hipertrofia muscular.

## Capítulo III

### Diseño de Investigación.

#### III.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La lesión del LCA es la más prevalente en rodilla a razón de 1/3500 habitantes por año en los Estados Unidos<sup>5</sup>, representando el 50% de las lesiones ligamentosas, produciéndose el 75% durante actividades deportivas<sup>1</sup>, la cual es significativamente más prevalente en mujeres que en hombres que practiquen el mismo deporte.<sup>5</sup>

Aproximadamente se producen 95.000 nuevas rupturas del LCA por año en los Estados Unidos. Esta estimación se considera baja, tomando en cuenta que se realizan sobre 100.000 reconstrucciones por año en ese mismo país.<sup>5</sup>

Debido a la magnitud del problema y su alto impacto en las actividades deportivas y cotidianas, es de principal importancia una rehabilitación que permita restablecer todas aquellas variantes biomecánicas que pudieron ser afectadas, tanto en el momento de la lesión como en el periodo postquirúrgico.

En la actualidad, se establecen varios protocolos kinésicos de rehabilitación de pacientes sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA, que se centran principalmente en recuperar la fuerza muscular, la movilidad, y principalmente la estabilidad anteroposterior de la rodilla, esto con el objetivo de prevenir la atrofia y debilidad muscular<sup>9</sup>, además de los movimientos indeseados de esta. Sin embargo para poder llevar a cabo estos objetivos, se debe tener en cuenta la

protección del injerto en proceso de maduración, lo cual favorece el retraso en la progresión a actividades de alta carga.<sup>36</sup>

Por lo tanto, la atrofia de los músculos alrededor de la rodilla, sobre todo del cuádriceps, músculo extensor de esta, acompañado de la fuerza muscular reducida, se observa durante el período postoperatorio inmediato.<sup>36</sup>

La prevención de la atrofia muscular y la recuperación temprana de la fuerza muscular se asocia con un pronto regreso a las actividades deportivas<sup>36</sup>

Es por esto que se propone realizar la rehabilitación de este tipo de pacientes con entrenamiento KAATSU, ya que este ha demostrado ser eficaz en obtener cambios morfológicos, estructurales y funcionales de la musculatura, sin someter a los pacientes a cargas altas y extenuantes, lo que a la vez favorece la protección del injerto al no tener que ser sometido a un estrés extremo o de elevada carga para lograr los objetivos de la rehabilitación.

### **III.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

¿Es efectivo el entrenamiento con KAATSU al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de LCA, versus el mismo protocolo de rehabilitación por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA con el método STG en la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre marzo del 2013 y febrero del 2014?

### **III.3 JUSTIFICACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

Para llevar a cabo la propuesta es necesario que las interrogantes que surgen y el plan de desarrollo que se pretende plantear, reúnan en definitiva una serie de características, que servirán para esclarecer las áreas que abarcará.

#### **III.3.1 Factible:**

Considerando la alta prevalencia de la lesión del LCA, sumado al hecho de que en la ciudad de Temuco existen dos instituciones de salud donde se realiza la cirugía reconstructiva, será posible encontrar individuos en los cuales se pueda realizar la investigación, en relación a rehabilitación postquirúrgica.

La intervención se realizará en la Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera, la que cuenta con los requerimientos necesarios para aplicar tanto el tratamiento convencional como el tratamiento KAATSU. Además se disponen de profesionales especialistas que cumplen con la experiencia clínica necesaria para el tratamiento de este tipo de lesiones, instruidos en KAATSU.

Se contará con los fondos necesarios para cubrir las necesidades que demandan un mayor gasto de recursos, como la compra de un dinamómetro, un artrometro KT1000 y la toma de resonancia nuclear magnética, conjuntamente a su análisis. Para la aplicación de los protocolos, no se considera un alto gasto de dinero en cuanto a materiales, pues el tratamiento se hace en base al ejercicio terapéutico y en el caso del KAATSU solo se utilizarán esfigmomanómetros que permitan regular la presión para realizar la oclusión vascular.

### **III.3.2 Interesante:**

Posterior a la cirugía se encuentran ciertas complicaciones que limitan el progreso a actividades que implique trabajar con cargas altas, para comenzar el fortalecimiento muscular del grupo involucrado, favoreciendo los procesos de atrofia y debilidad muscular, además de generar disminución de los rangos articulares de la rodilla. El retraso en este objetivo se relaciona con una disminución en el tiempo de regreso a las actividades deportivas. Por lo tanto sería interesante para los pacientes, pues favorece procesos de hipertrofia muscular y aumento de fuerza, lo cual sería beneficioso para la vuelta temprana a actividades funcionales, sin ser sometidos a cargas extenuantes durante su la rehabilitación.

Para los profesionales del área entrega una nueva forma de rehabilitación que permitirá lograr los objetivos de tratamiento a través de ejercicios de baja carga sin someter a tensión que pudieran ser perjudiciales para el injerto.

### **III.3.3 Novedoso**

Existe escasa información con respecto a la aplicación del KAATSU en la rehabilitación postquirúrgica de LCA. Por lo tanto la investigación aportaría nueva información y constituiría una nueva alternativa terapéutica disponible para este tipo de lesiones. Además sentaría las bases para investigaciones posteriores sobre la rehabilitación en cuestión o para otras aplicaciones del KAATSU.

### **III.3.4 Ético**

Se contara con profesionales especialistas en la rehabilitación musculoesquelética y con amplios conocimientos sobre la rehabilitación convencional, los cuales estarán capacitados para la ejecución de la técnica KAATSU. Garantizando

una correcta aplicación y tomando todos los resguardos de seguridad para los pacientes.

La intervención no supone un riesgo físico al paciente, pues se conservaran las mismas directrices en cuanto a la protección del injerto, considerando rangos de protección, uso de bastones y ortesis en el caso de estar presentas e indicadas por orden médica.

Según la literatura publicada en diversas revisiones acordes al tema<sup>4</sup> los “supuestos” efectos adversos de la terapia KAATSU no superan los efectos adversos de una terapia convencional de rehabilitación postquirúrgica de LCA. Por lo tanto no existiría riesgo alguno en la aplicación de la terapia sobre un paciente que cumple con los criterios de inclusión y exclusión.

Se contará en el estudio con el consentimiento informado de los pacientes para ser parte de la investigación, respetando los 4 principios de la ética biomédica establecidos en el informe de Belmont en el año 1979: principio autonomía, principio de beneficencia, principio de no-maleficencia y principio de justicia. Todos estos principios serán aplicados de acuerdo “*Pautas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos, 1982*” propuestas por Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOMS) y Organización Mundial de Salud (OMS)

### **III.3.5 Relevante**

Debido a la magnitud del problema existe un alto impacto, en la población, en salud pública y en la medicina deportiva. Por lo que realizar una investigación para demostrar la efectividad del entrenamiento KAATSU sería importante con el

fin establecer nuevas directrices terapéuticas y entregar nueva evidencia que pueda sustentar la rehabilitación postquirúrgica de LCA mediante esta técnica.

### **III.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **III.4.1 Objetivo general**

Determinar la efectividad del entrenamiento con KAATSU al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de LCA, versus el mismo protocolo de rehabilitación por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA con el método STG en la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre marzo del 2013 y febrero del 2014.

#### **III.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la relación entre el cambio de fuerza muscular y el área de sección transversal en los individuos del grupo experimental y grupo de control.
- Determinar si existen cambios significativos en la estabilidad anteroposterior de rodilla, en el grupo control y grupo experimental, al finalizar las intervenciones protocolizadas.

### **III.5 DISEÑO DEL ESTUDIO**

Los estudios epidemiológicos son clasificados, según se asigna la exposición, en experimentales y observacionales. La característica principal de los estudios experimentales es que el investigador asigna en forma aleatoria a la exposición<sup>37</sup>

Dentro la variedad de estudios epidemiológicos se estableció que, el Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado Simple Ciego se presenta como la mejor opción para el desarrollo del estudio propuesto, ya que este se caracteriza por presentar un alto grado de evidencia científica y además permite realizar comparaciones entre los distintos grupos en investigación, en cuanto al tratamiento que se quiere implementar y evita potenciales sesgos durante la recopilación y análisis de los resultados obtenidos en el estudio en cuestión

#### **III.5.1 ENSAYO CLÍNICO**

El Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado es un experimento controlado en voluntarios humanos, utilizado para evaluar la eficacia y seguridad de tratamientos o intervenciones contra enfermedades y problemas de salud de cualquier tipo.<sup>38</sup>

Es un estudio experimental y prospectivo, donde siempre implica que el investigador ponga a prueba un tratamiento clínico; la aleatorización de los sujetos a las condiciones experimentales y a una o más condiciones de control; a recolectar los resultados de todos los grupos, y el uso habitualmente de una muestra grande y heterogénea, a menudo seleccionados por su alejamiento geográfico, a fin de garantizar que los resultados no sean exclusivos de un entorno

único, donde los resultados de estos sujetos puedan ser extrapolados a la población en general.<sup>38,39</sup> Los ensayos clínicos también son estudios analíticos, que permiten y dan la capacidad de razonar sobre la hipótesis planteada, pudiendo esta ser aprobada o descartada según los resultados y el análisis que se obtengan de estos.<sup>39</sup>

Es este diseño debido a sus características principales, es el que entregará un mayor nivel de evidencia debido a la baja cantidad de sesgos a la cual está sujeto.

### **III.5.1.1.- Características del Ensayo Clínico**

**Controlado:** Se consideran ensayos controlados los cuáles realizan una comparación estadísticamente válida entre los resultados obtenidos entre el grupo experimental y el grupo de control.<sup>39</sup>

**Aleatorizado:** El experimentador realiza la asignación de los sujetos a un grupo de control o experimental en base al azar, donde cada sujeto tiene la misma probabilidad de pertenecer a un grupo o a otro.<sup>39</sup>

**Enmascarado o ciego:** Se refiere a que los pacientes, los tratantes, los evaluadores u otros participantes del estudio, no conocen alguna característica del tratamiento, ya sea en la intervención, evaluación inicial o final, etc.

Dependerá de quienes sean enmascarados, ya sea paciente o investigador para determinar si el Ensayo Clínico en cuestión corresponde a un estudio simple, doble o triple ciego.

### **III.5.1.2 Ventajas y desventajas**

#### **Ventajas**

Son estudios experimentales controlados, donde el investigador diseña un protocolo de investigación, en el cual define los mecanismos de control que registrarán antes y durante el desarrollo de la fase experimental con el objeto de cuidar la seguridad de los pacientes del estudio en experimentación.<sup>40</sup>

- permite comprobar hipótesis causales.
- permiten caracterizar la naturaleza preventiva o terapéutica de diferentes intervenciones médicas.
- permiten conocer y cuantificar la aparición de efectos colaterales o secundarios no deseados, por consecuencia de la intervención del estudio que se realiza.

#### **Desventajas.**

El manipular variables independientes, determinar causas y experimentar con seres humanos otorga a los ensayos clínicos un alto grado de complejidad.<sup>40</sup>

Posees un alto costo, ya que requieren el uso de productos biológicos, farmacológico o procedimientos terapéuticos y de control y monitoreo o seguimiento.<sup>40</sup>

Generan una gran demanda de tiempo para realizar este tipo de estudio.<sup>40</sup>

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **IV.1 SUJETOS DEL ESTUDIO**

##### **IV.1.1 Población diana**

Individuos mayores de 20 años sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA a través de la técnica de autoinjertos STG.

##### **IV.1.2 Población accesible**

Individuos de la ciudad de Temuco sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA a través de la técnica de autoinjerto STG en la Clínica Alemana de Temuco y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre marzo del 2013 y febrero del 2014.

##### **IV.1.3 Población de estudio**

Individuos de la ciudad de Temuco sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA a través de la técnica de autoinjerto STG en la Clínica Alemana de Temuco y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre marzo del 2013 y febrero del 2014, que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión al estudio.

## **IV.2 MUESTRA**

### **IV.2.1 Criterios de selección.**

#### **IV.2.1.1 Criterios de inclusión.**

- Pacientes que sean sometidos a reconstrucción quirúrgica del LCA con la técnica de auto-injerto STG.
- Pacientes que presenten una ruptura completa y aislada del LCA.
- Individuos entre de 20 y 45 años de edad.
- Firma del consentimiento informado.
- Pacientes que practiquen deporte entre una y cuatro veces por semana, sin ser esta su actividad laboral y/o profesional.

#### **IV.2.1.2 Criterios de exclusión.**

- Pacientes deportistas de elite o de alta competencia en actividad.
- Pacientes que presenten tríada de O'Donoghue.
- Pacientes que presenten fractura recientes, artritis reumatoidea, artrosis y osteoporosis con especial compromiso articular de rodilla,
- Pacientes con patologías crónicas cardio-respiratorias. (Por posible sesgo en los resultados, no por contraindicación del entrenamiento KAATSU)
- Pacientes intervenidos anteriormente en procedimientos quirúrgicos relacionados a patología meniscal: Sutura, menissectomía, meniscoplastía.
- Pacientes re-intervenidos en la reconstrucción del LCA.
- Pacientes que presenten diabetes mellitus

### **IV.2.1.3 Criterios de expulsión.**

- Pacientes que manifiesten salir del estudio
- Pacientes disconforme con el tratamiento y no cooperador.
- Pacientes que falten al 20% de las terapias.
- Pacientes que no asistan a la toma de resonancia magnética al inicio del tratamiento Kinésico establecido.
- Pacientes que no asistan a la toma de resonancia magnética al final del tratamiento Kinésico establecido.
- Pacientes que consuman agregados proteicos y/o fármacos que puedan incidir en los resultados del tratamiento (relajantes musculares, opiáceos, abuso de AINES).
- Pacientes que utilicen otros métodos de rehabilitación complementarios a las intervenciones del estudio.

### **IV.2.2 Tamaño muestral**

Para la estimación del cálculo del tamaño muestral, se realizó una búsqueda sistemática y posterior análisis, de artículos relacionados al aumento de la fuerza muscular, en pacientes cuya rehabilitación fue mediante un protocolo similar al aplicado, como tratamiento estándar en este estudio, con el propósito de determinar la diferencia mínima clínicamente importante. Al lograr la estimación de este dato, se procedió al cálculo muestral utilizando el software estadístico *EPIDAT 4.0*, para esto se consideró un nivel de significación del 95%, un error  $\alpha$

de 5% y una potencia de un 80%, además se utilizó el índice de mejoría esperado a partir del entrenamiento con KAATSU. En base a los hallazgos en la literatura en relación al entrenamiento KAATSU, se propuso un índice de mejoría de un 66 % de la fuerza en la musculatura flexoextensora en relación al tratamiento estándar. Estos datos agrupados entregaron un resultado de 74 pacientes, muestra que fue sometida a un proceso de ajuste, estimando un porcentaje de pérdida del 15%, de esta forma se obtuvo un tamaño muestral definitivo de 86 pacientes, de estos 43 pertenecerán al grupo de entrenamiento KAATSU a través de la modificación del protocolo de D´Amato y Bach y los otros 43 pacientes serán asignados al grupo sometido al entrenamiento estándar y protocolizado mediante el protocolo de D´Amato y Bach.

#### **IV.2.3 Asignación aleatoria**

El fin de este proceso es maximizar la probabilidad de que los grupos de individuos a los que se asignarán las intervenciones sean homogéneos en sus características basales, tales como la edad, el sexo y otras características pronosticas de partida que pudieran interferir en los resultados del estudio, en el caso de no ser distribuidas con equidad, salvo por la participación del azar entre los grupos aleatorizados.

La determinación del grupo al cual pertenecerá cada uno de los participantes en el estudio debe ser ajena a cualquier predisposición, o prejuicio, del investigador y la manera más apropiada de lograrlo es mediante el empleo de un proceso aleatorio: es así como solo el azar será el encargado de asignar a los sujetos. Logrando así que las diferencias naturales existentes entre los individuos

puedan ser distribuidas en los diferentes grupos de experimentación en forma igualitaria. Y los grupos sean lo más homogéneos posibles.<sup>41</sup>

Para evitar desbalances en la asignación de tratamientos, se utilizará aleatorización simple, la cual consistirá en el sorteo de los tratamientos mediante un software que designe la intervención a seguir de cada individuo que participe en el estudio.

De esta manera se establecerá un grupo control, que recibirá el tratamiento estándar en base al protocolo de rehabilitación después de la reconstrucción del LCA descrito por D' Amato y Bach y el grupo experimental que recibirá el protocolo con entrenamiento KAATSU mediante la modificación del protocolo anteriormente nombrado.

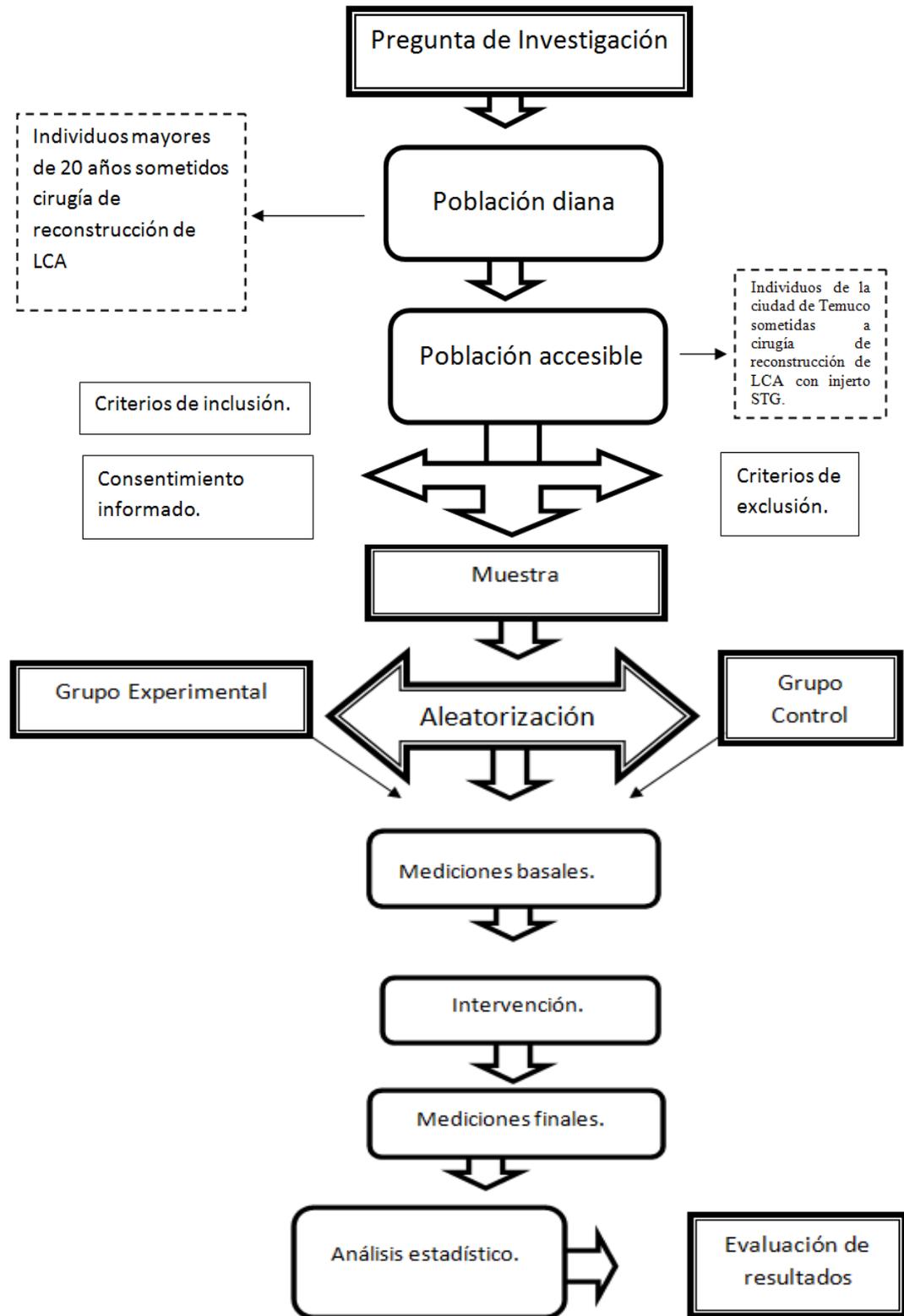
#### **IV.2.4 Enmascaramiento**

Es una estrategia clásica que, si bien no impide un sesgo global en las mediciones, puede eliminar los sesgos diferenciales que afectan más a un grupo de intervención que al otro.<sup>41</sup>

Es indispensable que los profesionales tratantes no sean enmascarados, ya que estos deberán llevar a cabo la intervención con los pacientes. Sumado a esto los pacientes tampoco serán enmascarados, ya que estos se darán cuenta fácilmente el tipo de intervención que están recibiendo y al grupo al cual pertenecen. Por lo tanto se procederá a realizar un enmascaramiento ciego simple, enmascarando solo al profesional que realice las mediciones de las variables de resultado, el cuál no sabrá que pacientes pertenecen al grupo experimental o al grupo de control.

Por ende se ha determinado que el estudio, será un estudio simple ciego.

## IV.2.5 FLUJOGRAMA



## **IV.3.VARIABLES Y MEDICIONES**

### **IV.3.1 VARIABLES DE INTERVENCIÓN**

Son las causas ciertas o probables de que ocurra un fenómeno. En este estudio la variable que se manipulará es el tratamiento aplicado al paciente, representado por el entrenamiento KAATSU y el protocolo de rehabilitación

#### **IV.3.1.1 Variable entrenamiento KAATSU**

**Definición conceptual:** Es un entrenamiento basado en la oclusión vascular a nivel distal de una extremidad, realizado a través de ejercicios de bajas cargas de resistencia, este proceso induce cambios morfológicos, estructurales y funcionales de la musculatura.

**Medición:** Efectos del entrenamiento KAATSU en los pacientes, a través de las variables de respuesta fuerza muscular, área de sección transversal muscular y estabilidad articular.

#### **IV.3.1.2 Variable protocolo de rehabilitación.**

**Definición conceptual:** Entrenamiento estandarizado de ejercicios y consideraciones, para permitir la rehabilitación óptima de la función articular, a través de la mejoría en los procesos de estabilidad dinámica de la articulación, en función de los procesos de ganancia de fuerza, hipertrofia y rango articular.

**Medición:** Rehabilitación de la función articular de la rodilla al final de la terapia, en respuesta a las variables de fuerza muscular, área de sección transversal muscular y estabilidad anteroposterior.

## **IV.3.2 VARIABLES DE RESULTADO**

### **IV.3.2.1 Variable primaria**

#### **IV.3.2.1.1 Fuerza muscular**

**Tipo de variable:** Cuantitativa, Continua.

**Definición conceptual:** Capacidad neuromuscular de soportar o vencer una sobrecarga. Conjunto de contracciones musculares que tienen como fin vencer, mantener o al menos generar la fuerza (tensión) suficiente para intentar superar una resistencia.

**Medición:** Para valorar cuantitativamente los cambios en la fuerza muscular tanto en el grupo controles como en el experimental, se realizará una medición de Máxima Contracción Voluntaria Isométrica (MCVI) en flexores y extensores de la rodilla, mediante un dinamómetro isométrico digital de bajo costo y portátil, descrito en el año 2011 por L. Bellegia et al.<sup>42</sup> El dinamómetro a utilizar corresponde a la marca “PRECisión EL-5” (Figura 6) con una celda de carga axial que trabaja en las modalidades de compresión y tracción, cuyo rango de medición es de los -42 kg a 100kg.<sup>42</sup> Para medir fuerza máxima sobre el dinamómetro, algunos mecanismos de soporte serán necesarios. Se utilizará una cadena de acero cuyos eslabones permitirán variar la distancia entre el instrumento y el paciente. Además se debe recurrir a un soporte de aluminio con forma de U asociado a una almohadilla dispuesta sobre la pierna del individuo, esto con el objetivo de permitir el movimiento sin que el paciente manifieste discomfort. (Figura 7).

**Figura 6**



*Panel de control dinamómetro isométrico*

**Figura 7**



*Mecanismos de soporte asociados al sensor dinámico<sup>42</sup>.*

Tanto al grupo control como al grupo experimental, se le realizará la medición de Máxima Contracción Voluntaria Isométrica (MCVI) en flexores y extensores de la rodilla. Cada grupo muscular será evaluado en 3 ángulos de posicionamiento, estos serán; 0°, 60° y 90°, ubicando al paciente en forma tal que pueda ser capaz de concentrar el movimiento del grupo muscular a evaluar. Las mediciones se realizarán al comienzo de la primera fase de rehabilitación y posteriormente al término de cada una de las fases propuestas por los protocolos correspondientes a cada grupo. Estas serán realizadas por un mismo examinador en todos los casos. Durante la fase de máxima protección o primera fase (considerada en ambos protocolos) la medición de la extensión solo se llevará a cabo en 2 ángulos de posicionamiento (60° y 90°), ya que en este momento el

paciente no ha logrado aún la extensión completa de rodilla y además se busca disminuir el riesgo de lesión de la plastía. Tampoco se evaluará durante la fase de máxima protección la fuerza muscular de flexores de rodilla, debido al daño que han sufrido los tendones de donde se extrajo el injerto.

Para realizar la MCVI, el paciente deberá iniciar el movimiento en un ángulo levemente superior al que se evaluará, para luego llevar la pierna al ángulo requerido, realizando una fuerza máxima contra el instrumento (almohadilla del soporte), esta posición se mantendrá entre 2 a 3 segundos, para poder registrar la medición. El soporte se ubicara a nivel del tercio medio de la tibia, en casi todas las evaluaciones con excepción de la Medición de fuerza en flexión a 60°. Las mediciones en cada ángulo propuesto se describen a continuación:

***Extensión a 0°:*** Paciente en posición bípeda de espaldas al dinamómetro, con apoyo anterior de barra metálica o apoyo prestado por el kinesiólogo para favorecer la estabilidad posicional. Se instruye al paciente a colocar la pierna afectada aproximadamente 15° más atrás respecto a la contralateral (indemne) y posteriormente intente igualar la posición de ambas extremidades realizando la fuerza isométrica máxima. (Figura 8)



*Medición de fuerza en extensión a 0°.<sup>42</sup>*

**Extensión a 60°:** Paciente en posición bípeda de espaldas al dinamómetro, la extremidad a evaluar apoyada sobre un step o mesa baja, la extremidad indemne apoyada en el suelo, se presta apoyo anterior de barra metálica o por parte del terapeuta u otro elemento accesorio de elección. Se solicita al paciente que comience en un ángulo mayor de aproximadamente 90° y que progrese hasta los 60° de extensión, realizando la fuerza isométrica máxima. (Figura.9)

**Figura 9**



*Medición de fuerza en extensión a 60°.<sup>42</sup>*

**Extensión a 90°:** Paciente en posición sedente sobre un step, mesa baja o silla, enfrentando al dinamómetro, con rodilla y cadera alineadas, pierna indemne apoyada totalmente en el suelo. Utilización de un brazo fijo (reemplazando la cadena de acero de las demás mediciones) como elemento de unión entre el dinamómetro y el soporte en forma de U, lugar donde el paciente aplicará la fuerza. Se le indica al sujeto que comience el movimiento de extensión en una posición de aproximadamente 110 grados de flexión de rodilla, y que contraiga hasta el ángulo de 90°. (Figura 10)

**Figura 10**



*Medición de fuerza en extensión a 90°.42*

**Flexión a 0°:** Paciente en posición bípida enfrentando el dinamómetro, Se le indica que coloque el pie a evaluar 15 cm por delante del que queda fijo y trate de igualar la posición del miembro contralateral sin levantar, flexionar, mover lateralmente el muslo y evitando cualquier otro tipo de compensación o reacción asociada. (Figura 11)

**Figura 11**



*Medición de fuerza en flexión a 0°42*

**Flexión a 60°:** Paciente de pie frente al sensor dinamométrico, la extremidad afectada se ubica sobre un step, para lograr el ángulo de 60°, la otra extremidad se

mantiene extendida y fija apoyada en el suelo. Al igual que en las mediciones anteriores se solicita al paciente comenzar unos grados antes de lo solicitado, es decir, unos 45 ° aproximadamente y luego avanzar hacia la flexión a 60°, posición en la cual se aplicara la fuerza máxima. (Figura 12)

**Figura 12**



*Medición de fuerza en flexión a 60<sup>o</sup>*

**Flexión a 90°:** Paciente en posición similar a la evaluada en *extensión a 90°*, es decir sentado sobre un step, mesa baja o silla, enfrentando al dinamómetro y extremidad alineada a nivel de rodilla y cadera. Se le indica al paciente que comience el movimiento en una posición de aproximadamente 60 grados de flexión de rodilla, y que progrese hasta alcanzar los 90 grados de flexión, posición en donde realizará la máxima contracción. (Figura 13)

**Figura 13**



*Medición de fuerza en flexión a 90<sup>o</sup>*

#### **IV.3.2.2 Variables secundarias**

##### **IV.3.2.2.1 Área de sección transversal muscular**

**Tipo de variable:** Cuantitativa, Continua.

**Definición conceptual:** Medición geométrica del área circunferencial de sección transversal de un musculo, perpendicular a todo el material contráctil que alberga el musculo. Esta es directamente proporcional a la máxima tensión generada por el musculo.

**Medición:** Medida a través de resonancia nuclear magnética, en un corte trasversal medido en centímetros cuadrados (unidad de medida) de cuádriceps y musculatura isquiotibial. Realizada en una clínica particular de la ciudad, por profesionales especialistas en pruebas imagenológicas Musculoesqueleticas. Resultados posteriormente analizados por el Medico radiólogo miembro del equipo de investigación.

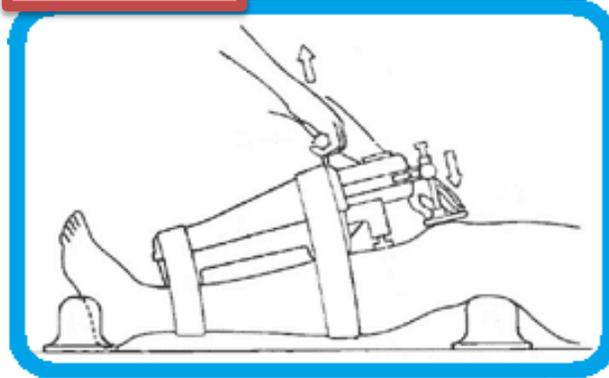
##### **IV.3.2.2.2 Estabilidad anteroposterior.**

**Tipo de variable:** Cuantitativa, Continua.

**Definición conceptual:** Capacidad del sistema para mantener la zona neutra interarticular dentro de los límites fisiológicos. Entendiéndose por zona neutra como la parte del rango de movimiento (ROM) donde existe mínima resistencia al movimiento articular. Se identifican dos tipos de estabilidad la estática entregada por capsula articular y ligamentos, y la estabilidad dinámica entregada por la fuerza muscular y factores relacionados al control neuromuscular.

**Medición:** Para evaluar cuantitativamente la traslación anteroposterior de rodilla se utilizará un artrómetro KT-1000 (Medmetric Corporation, California, U.S.A.) cuya medición es traducida a milímetros (mm.) de traslación. Las mediciones serán realizadas por un mismo examinador en todos los casos. El paciente debe encontrarse en decúbito supino y con ropa cómoda que permita realizar la medición, la rodilla a evaluar debe estar en 25 grados de flexión, sus tobillos y la parte distal del muslo deben encontrarse apoyadas en una superficie de fijación (Figura 12). El artrometro es fijado al tercio proximal y tercio distal de la tibia mediante las cintas de fijación del instrumento. Posteriormente el examinador ejerce una fuerza manual máxima directamente sobre la parte proximal de la pantorrilla tomando desde la manilla del artrometro, finalizando con registro de los valores de traslación anterior de la extremidad evaluada en mm.

**Figura 14**



*Artrómetro KT-1000 (Medmetric Corporation, California, U.S.A.)*

### **IV.3.3 VARIABLES DE CONTROL O BASALES**

Se consideran variables basales aquellas que no siendo las más importantes del estudio, si están presentes en los sujetos y podrían influir en los resultados. Por esta razón se consideran dentro de esta clasificación: la edad, el sexo, obesidad, tabaquismo, actividades de la vida diaria (AVD), hábitos posturales, tratamientos farmacológicos, patologías previas, etc.

#### **IV.3.3.1 Edad**

- **Tipo de Variable:** Cuantitativa, Continua.
- **Definición conceptual:** Tiempo que lleva existiendo una persona o ser vivo desde su nacimiento.
- **Medición:** Mediante la revisión del carnet de identidad del paciente, posteriormente registrado en ficha clínica.

#### **IV.3.3.2 Sexo**

- **Tipo de variable:** Cualitativa, nominal dicotómica
- **Definición conceptual:** Se refiere a la división del género humano: hombre o mujer; Cada individuo pertenece a uno de estos grupos, por lo tanto a uno de los dos sexos. La persona es o de sexo femenino o masculino.
- **Medición:** Mediante revisión del género del paciente en su carnet de identidad, posteriormente registrado en su ficha clínica.

#### **IV.3.3.3 Índice de masa corporal (IMC)**

- **Tipo de variable:** Cuantitativa, Continua.
- **Definición conceptual:** El índice de Masa Corporal es un índice del peso de una persona en relación con su altura
- **Medición:** medida de proporción de masa/talla<sup>2</sup>

#### **IV.3.3.4 Talla**

- **Tipo de variable:** Cuantitativa, Continua.
- **Definición conceptual:** Medida de la estatura del cuerpo humano desde los pies hasta el techo de la bóveda craneal.
- **Medición:** Medida en centímetros con una cinta métrica.

#### **IV.3.3.5 Tabaquismo**

- **Tipo de variable:** Cualitativa, Nominal dicotómica
- **Definición conceptual:** En la práctica habitual fumador es la persona que responde afirmativamente a la pregunta “¿Fuma usted?”
- **Medición:** Respuesta a la pregunta ¿Es usted fumador? Con respuesta SI o NO. Respuesta posteriormente registrada en ficha clínica del paciente.

## **CAPÍTULO V**

### **INTERVENCIONES**

#### **V.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INTERVENCIÓN**

La intervención del estudio tendrá una duración de 6 meses, periodo en el cual el paciente será sometido a evaluación de las variables a estudiar al inicio de la primera fase de los protocolos y al término de cada fase de estos. Sin embargo la evaluación del área de sección transversal de la musculatura flexo extensora de rodilla solo será realizada al tercer día post operatorio y un día después del término de los protocolos

Ambos grupos, ya sea el de control o el experimental deberán comenzar la intervención al tercer día post operatorio con la toma de la resonancia magnética nuclear en la Clínica Alemana de Temuco y con el registro de sus datos, más las mediciones basales correspondientes en la Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera, al cuarto día se inicia el programa de rehabilitación correspondiente a cada grupo de intervención, el cual se llevará a cabo desde este momento, 3 veces por semana, una vez al día, por 90 minutos durante un periodo de tiempo de 6 meses.

En el programa de rehabilitación el paciente debe encontrarse con ropa cómoda para la realización de los ejercicios, el lugar debe presentar una temperatura agradable y las condiciones necesarias para llevar a cabo la rehabilitación.

En el grupo control, los ejercicios de fortalecimiento se realizarán con cargas según tolerancia la cual irá aumentando progresivamente hasta alcanzar el 80% de la resistencia máxima de la pierna contralateral. Carga la cuál será la máxima progresión del grupo control.

En el grupo experimental, los ejercicios de fortalecimiento se realizarán con la aplicación de KAATSU en el tercio proximal del muslo en la extremidad lesionada, con carga según tolerancia la cual irá aumentando progresivamente, hasta alcanzar el 20% de la resistencia máxima de la pierna contralateral. Carga la cuál será la máxima progresión del grupo experimental. La oclusión en el tercio proximal de la pierna se realizará a 180 mm Hg. y con una duración máxima de 20 minutos por sesión

El programa de entrenamiento se compone de 2 fases:

**a) Fase de calentamiento**

Esta fase tendrá una duración de 15 minutos, en los cuáles se realizarán ejercicios de movilización articular dentro de los rangos tolerados por el paciente, sin presencia de dolor. **Todos los ejercicios deben ser realizados bajo estricta supervisión del kinesiólogo.** Se realizarán 5 repeticiones de cada ejercicio considerando pausas de 30 segundos entre cada uno de ellos. Además de los ejercicios de movilización cuando las condiciones del paciente y del injerto lo permitan se realizarán ejercicios de mayor demanda física para entrar en calor, tales como bicicleta estática, caminata en treadmill, entre otros

## **b) Fase de ejercicios**

Esta fase tendrá una duración relativa, según la etapa en la que se encuentre el paciente, dado que mientras mayor sea la progresión del paciente, el entrenamiento será más extenso y exigente, siguiendo la secuencia de ejercicios del protocolo de rehabilitación correspondiente a su grupo de intervención.

## **V.2 PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN**

### **V.2.1 Protocolo de rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior *D´ Amato y Bach. (“Grupo control”)***

En este estudio se utilizará para el grupo control el protocolo de ejercicios de rehabilitación descrito por D´ Amato y Bach<sup>9</sup>, para pacientes sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA.

Este ha sido elegido, ya que al realizar entrevistas con clínicos del área han expresado que dicho protocolo, protege el injerto y su fijación adecuadamente, además de la obtención de buenos resultados, en cuanto a ganancia de fuerza, aumento de volumen muscular y generando consecuentemente un aumento de la estabilidad antero-posterior de la rodilla.

### **V.2.1.1 Descripción del protocolo de rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior *D´Amato y Bach.***

#### **Fase 1: semanas 0-2**

##### **➤ Objetivos**

- Proteger la fijación del injerto.
- Reducir al máximo los efectos de la inmovilización.
- Controlar la inflamación.
- No realizar movimiento continuo pasivo (MCP).
- Lograr la extensión completa y 90° de flexión de la rodilla.
- Informar al paciente sobre el desarrollo del proceso de rehabilitación.

##### **➤ Aparatos ortopédicos (órtesis)**

- Bloqueada en extensión cuando el paciente anda y duerme.

##### **➤ Soporte de peso**

- Según la tolerancia del paciente, con dos muletas.
- Dejar las muletas a los 7 días, siempre y cuando el paciente haya demostrado tener un buen control del cuádriceps.

##### **➤ Ejercicios terapéuticos**

- Deslizamientos con el talón/ deslizamientos en la pared.

- Cuádriceps, isquiotibiales (electro-estimulación, si es necesario).
- Movilización de la patela.
- Ejercicios de los gemelos y del sóleo y estiramientos de los isquiotibiales sin soporte de peso.
- Flexión de la rodilla con las piernas colgadas en posición sentada con ayuda.
- Extensión con las piernas colgadas en decúbito prono.
- Elevación de la extremidad con la pierna estirada (EEPE) en todos los planos con aparato ortopédico en la extensión completa hasta que la fuerza del cuádriceps sea suficiente para que no haya dificultades con la extensión.
- Entrenamiento funcional de la fase 1
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Ergometría de extremidades superiores.
    - Bicicleta con la pierna no afectada.
  - Propiocepción.
    - Posicionamiento activo/pasivo de la articulación.
    - Ejercicios de equilibrio.
    - Plataforma estable, ojos abiertos.
    - Plataforma estable, ojos cerrados.
    - Coger y lanzar un balón en posición sedente.

## **Fase 2: semanas 2-4**

### **➤ Criterios de progresión a la fase 2**

- Buen funcionamiento del cuádriceps, EEPE sin problemas con la extensión.
- Aproximadamente 90° de flexión de la rodilla.
- Extensión completa.
- No hay signos de inflamación.

### **➤ Objetivos**

- Restablecer la función normal.
- Restablecer la movilidad completa.
- Proteger la fijación del injerto.
- Mejorar la fuerza, la resistencia y la propiocepción para preparar al paciente para las actividades funcionales.

### **➤ Soporte de peso**

- Injerto del tendón patelar: continuar la deambulación con la órtesis bloqueada en extensión. Se puede desbloquear cuando el paciente está sentado o durmiendo. Se puede desbloquear el aparato para realizar los ejercicios de movilidad.
- Injerto del tendón del semitendinoso y aloinjertos: se puede retirar la órtesis, siempre y cuando se haya conseguido un patrón normal de deambulación y el control del cuádriceps.

➤ **Ejercicios terapéuticos**

- Mini-sentadillas (0 – 30°).
- Bicicleta estática (empezar con el sillín alto y poca resistencia).
- Extensión en cadena cinética cerrada (press de piernas de 0 - 30°).
- Levantamiento de los dedos del pie.
- Continuar con los estiramientos de los isquiotibiales, empezar los estiramientos de los gastrocnemios y del soleo con soporte de peso.
- Continuar con las posturas (osteoarticulares) mantenidas con las piernas colgando en decúbito prono, añadiendo cada vez más peso en los tobillos hasta que el paciente consiga la extensión completa.
- Entrenamiento funcional de la fase 2.
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Pasar a la bicicleta con las dos piernas.
    - Continuar con la ergometría de las extremidades superiores.
  - Ejercicios musculares pliométricos/excéntricos.
    - Subir y bajar escaleras.
      - Arriba/abajo y adelante/atrás.
  - Propiocepción.
    - Ejercicios de equilibrio.
    - Plataforma inestable. (Biomechanical Ankle Platform System, BAPS).
    - Mantenerse de pie en la mini-*tramp*.

- Coger y lanzar un balón de pie.

### **Fase 3: semana 6-mes 4**

#### **➤ Criterios de progresión a la fase 3**

- Deambulación normal.
- Movilidad completa.
- Suficiente fuerza y propiocepción para poder empezar con las actividades funcionales.
- Injerto estable según los resultados de la prueba de Lachman y la KT1000.

#### **➤ Objetivos**

- Mejorar la confianza del paciente en relación a la rodilla.
- Evitar el exceso de tensión sobre la fijación del injerto.
- Proteger la articulación femoropatelar.
- Mejorar la fuerza, la resistencia y la propiocepción para preparar al paciente para las actividades funcionales.

#### **➤ Ejercicios terapéuticos**

- Continuar con los ejercicios de flexibilidad en función del estado del paciente.
- Pasar a los ejercicios de fortalecimiento en cadena cinética cerrada (sentadilla con una sola pierna, pres de piernas de 0-60°).

- Máquina de subir escaleras (Epilipital stepper).
- Máquina de esquí de fondo.
- Entrenamiento funcional de la fase 3 (semana 6-12).
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Continuar con la bicicleta/ergometría de las extremidades superiores.
    - Cinta de subir escaleras/ cinta elíptica.
    - Máquina de esquí de fondo.
  - Ejercicios pliométricos.
    - Subir escaleras corriendo.
    - Saltos desde un cajón.
      - Entre 15 y 30 cm. de altura.
  - Correr.
    - *Jogging* en línea recta, progresando hacia la carrera.
    - Correr siguiendo la forma de un ocho.
    - Círculos amplios, andando o haciendo *jogging* (suave)
  - Propiocepción.
    - Rebotes en la mini-*tramp*.
    - Equilibrio con zanco de muelles para saltar. (<<*Pogo-ball*>>)
    - Tabla de deslizamiento lateral.
    - Coger y lanzar un balón sobre una superficie inestable.
- Entrenamiento funcional de la fase 4 (a partir de la semana 12)

- Entrenamiento Aeróbico.
  - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores
- Agilidad.
  - Comenzar a poca velocidad, progresar lentamente.
  - Carrera en lanzadera.
  - Deslizamientos laterales.
  - Desplazamientos laterales.
- Propiocepción.
  - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores
  - Introducir actividades específicas relacionadas con el deporte que practica el paciente (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de la velocidad normal)
- Correr.
  - Correr siguiendo la forma de un ocho.
  - Círculos pequeños.
- Ejercicios pliométricos.
  - Subir escaleras corriendo.
  - Saltos desde un cajón.
    - Entre 30 y 60 cm. de altura.

#### **Fase 4: mes 4**

##### **➤ Criterios de progresión a la fase 4**

- Movilidad completa sin dolor.
- No hay signos de irritación de la articulación femoropatelar.
- Fuerza y propiocepción suficientes para comenzar con las actividades funcionales.
- Autorización del médico especialista en rehabilitación para comenzar con los ejercicios avanzados en cadena cinética cerrada y avanzar en las actividades funcionales.
- Injerto estable según los resultados de la prueba de Lachman y la KT1000.

##### **➤ Objetivo**

- Reincorporarse a la actividad normal sin restricciones.

##### **➤ Ejercicios terapéuticos**

- Continuar y avanzar en los programas de flexibilidad y fortalecimiento.
- Entrenamiento funcional de la fase 5.
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores
  - Agilidad.
    - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores
    - Ejercicios de cambio de dirección.

- Propiocepción.
  - Ejercicios de reacción.
  - Actividades específicas avanzadas del deporte que practica el paciente (a velocidad normal)
- Correr.
  - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores
- Ejercicios pliométricos.
  - Aumentar la altura del cajón.

**Fase 5: reincorporación a la actividad deportiva**

➤ **Criterios de progresión a la fase 5**

- No hay síntomas en la articulación femoropatelar, ni en las partes blandas.
- El paciente satisface todos los criterios para reincorporarse a la actividad deportiva.
- Autorización del médico especialista en rehabilitación para la reincorporación a la actividad normal sin restricciones.

➤ **Objetivos**

- Reincorporarse sin riesgos a la actividad deportiva.
- Mantener la fuerza, la resistencia y la propiocepción.
- Informar al paciente de cualquier limitación que pudiera encontrarse al reincorporarse a la actividad deportiva.

➤ **Aparatos ortopédicos**

- Se puede recomendar al paciente que utilice una órtesis funcional cuando practique deporte durante el primer año o los 2 primeros años después de la intervención quirúrgica para aumentar la confianza desde el punto de vista psicológico.

➤ **Ejercicios terapéuticos**

- Retorno gradual a la actividad deportiva.
- Programa de mantenimiento de la fuerza y la resistencia.
- Ejercicios avanzados de agilidad y específicos para el deporte que practique el paciente.

**V2.2 Protocolo de rehabilitación con entrenamiento KAATSU modificado de D´ Amato y Bach, después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Salom y Soto. (“Grupo experimental”)**

Para los pacientes del grupo experimental se utilizará el entrenamiento KAATSU modificando el protocolo de ejercicios de rehabilitación descrito por D´ Amato y Bach<sup>9</sup> para pacientes sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA.

Con el fin de determinar la efectividad de este tipo de entrenamiento en dichos pacientes.

Este tipo de entrenamiento ha sido seleccionado para poder determinar la efectividad de este, en pacientes sometidos a reconstrucción del LCA debido a la efectividad de dicho entrenamiento en la ganancia de fuerzas e hipertrofia muscular al trabajar contra bajas cargas de resistencias, lo cual es ideal para este tipo de pacientes ya que está contraindicado trabajar con altas cargas en etapas tempranas de su rehabilitación

**V.2.2.1 Descripción del protocolo de rehabilitación con entrenamiento KAATSU modificado de D' Amato y Bach, después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Salom y Soto.***

**Fase 1: semanas 0-2.**

➤ **Objetivos.**

- Proteger la fijación del injerto.
- Reducir al máximo los efectos de la inmovilización.
- Controlar la inflamación.
- No realizar movimiento continuo pasivo (MCP).
- Lograr la extensión completa y 90° de flexión de la rodilla.
- Informar al paciente sobre el desarrollo del proceso de rehabilitación.

➤ **Aparatos ortopédicos (órtesis).**

- Bloqueada en extensión cuando el paciente anda y duerme.

➤ **Soporte de peso.**

- Según la tolerancia del paciente, con dos muletas.
- Dejar las muletas a los 7 días, siempre y cuando el paciente haya demostrado tener un buen control del cuádriceps.

➤ **Ejercicios terapéuticos.**

- Deslizamientos con el talón/ deslizamientos en la pared.

- Cuádriceps, isquiotibiales (electro-estimulación, si es necesario).
- Movilización de la patela.
- Ejercicios de los gemelos y del sóleo y estiramientos de los isquiotibiales sin soporte de peso.
- Flexión de la rodilla con las piernas colgadas en posición sentada con ayuda.
- Extensión con las piernas colgadas en decúbito prono.
- Elevación de la extremidad con la pierna estirada (EEPE) en todos los planos con aparato ortopédico en la extensión completa hasta que la fuerza del cuádriceps sea suficiente para que no haya dificultades con la extensión.
  - Con KAATSU en la zona proximal del muslo. (Ejercicio 1b)
- Entrenamiento funcional de la fase 1.
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Ergometría de extremidades superiores.
    - Bicicleta con la pierna no afectada.
  - Propiocepción.
    - Posicionamiento activo/pasivo de la articulación.
    - Ejercicios de equilibrio.
    - Plataforma estable, ojos abiertos.
    - Plataforma estable, ojos cerrados.
    - Coger y lanzar un balón en posición sedente.

## **Fase 2: semanas 2-4.**

### **➤ Criterios de progresión a la fase 2.**

- Buen funcionamiento del cuádriceps, EEPE sin problemas con la extensión.
- Aproximadamente 90° de flexión de la rodilla.
- Extensión completa.
- No hay signos de inflamación.

### **➤ Objetivos.**

- Restablecer la función normal.
- Restablecer la movilidad completa.
- Proteger la fijación del injerto.
- Mejorar la fuerza, la resistencia y la propiocepción para preparar al paciente para las actividades funcionales.

### **➤ Soporte de peso.**

- Injerto del tendón patelar: continuar la deambulación con la órtesis bloqueada en extensión. Se puede desbloquear cuando el paciente está sentado o durmiendo. Se puede desbloquear el aparato para realizar los ejercicios de movilidad.
- Injerto del tendón del semitendinoso y aloinjertos: se puede retirar la órtesis, siempre y cuando se haya conseguido un patrón normal de deambulación y el control del cuádriceps.

➤ **Ejercicios terapéuticos.**

- Mini-sentadillas (0 – 30°).
- Bicicleta estática (empezar con el sillín alto y poca resistencia).
- Extensión en cadena cinética cerrada (press de piernas de 0 – 30°).
- Levantamiento de los dedos del pie.
- Continuar con los estiramientos de los isquiotibiales, empezar los estiramientos de los gastrocnemios y del soleo con soporte de peso.
- Continuar con las posturas (osteoarticulares) mantenidas con las piernas colgando en decúbito prono, añadiendo cada vez más peso en los tobillos hasta que el paciente consiga la extensión completa.
- Entrenamiento funcional de la fase 2.
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Pasar a la bicicleta con las dos piernas.
    - Continuar con la ergometría de las extremidades superiores.
  - Ejercicios musculares polimétricos/excéntricos.
    - Subir y bajar escaleras.
      - Arriba/abajo y adelante/atrás.
  - Propiocepción.
    - Ejercicios de equilibrio.
    - Plataforma inestable. (Biomechanical Ankle Platform System, BAPS).
    - Mantenerse de pie en la mini-*tramp*.
    - Coger y lanzar un balón de pie.

### **Fase 3: semana 6-mes 4.**

#### **➤ Criterios de progresión a la fase 3.**

- Deambulación normal.
- Movilidad completa.
- Suficiente fuerza y propiocepción para poder empezar con las actividades funcionales.
- Injerto estable según los resultados de la prueba de Lachman y la KT1000.

#### **➤ Objetivos.**

- Mejorar la confianza del paciente en relación a la rodilla.
- Evitar el exceso de tensión sobre la fijación del injerto.
- Proteger la articulación femoropatelar.
- Mejorar la fuerza, la resistencia y la propiocepción para preparar al paciente para las actividades funcionales.

#### **➤ Ejercicios terapéuticos.**

- Continuar con los ejercicios de flexibilidad en función del estado del paciente.
- Pasar a los ejercicios de fortalecimiento en cadena cinética cerrada (sentadilla con una sola pierna, press de piernas de 0-60°).
- Máquina de subir escaleras (Eliptical stepper).
- Máquina de esquí de fondo.

- Entrenamiento funcional de la fase 3 (semana 6-12).
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Continuar con la bicicleta/ergometría de las extremidades superiores.
    - Cinta de subir escaleras/ cinta elíptica.
    - Máquina de esquí de fondo.
  - Ejercicios pliométricos.
    - Subir escaleras corriendo.
    - Saltos desde un cajón.
      - Entre 15 y 30 cm. de altura.
  - Correr.
    - *Jogging* en línea recta, progresando hacia la carrera.
    - Correr siguiendo la forma de un ocho.
    - Círculos amplios, andando o haciendo *jogging* (suave).
  - Propiocepción.
    - Rebotes en la mini-*tramp*.
    - Equilibrio con zanco de muelles para saltar. (<<*Pogo ball*>>).
    - Tabla de deslizamiento lateral.
    - Coger y lanzar un balón sobre una superficie inestable.
- Entrenamiento funcional de la fase 4 (a partir de la semana 12).
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores.

- Agilidad.
  - Comenzar a poca velocidad, progresar lentamente.
  - Carrera en lanzadera.
  - Deslizamientos laterales.
  - Desplazamientos laterales.
- Propiocepción.
  - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores.
  - Introducir actividades específicas relacionadas con el deporte que practica el paciente (entre  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{1}{2}$  de la velocidad normal).
- Correr.
  - Correr siguiendo la forma de un ocho.
  - Círculos pequeños.
- Ejercicios pliométricos.
  - Subir escaleras corriendo.
  - Saltos desde un cajón.
    - Entre 30 y 60 cm. de altura.

**Fase 4: mes 4.**

➤ **Criterios de progresión a la fase 4.**

- Movilidad completa sin dolor.
- No hay signos de irritación de la articulación femoropatelar.
- Fuerza y propiocepción suficientes para comenzar con las actividades funcionales.

- Autorización del médico especialista en rehabilitación para comenzar con los ejercicios avanzados en cadena cinética cerrada y avanzar en las actividades funcionales.
- Injerto estable según los resultados de la prueba de Lachman y la KT1000.

➤ **Objetivo.**

- Reincorporarse a la actividad normal sin restricciones.

➤ **Ejercicios terapéuticos.**

- Continuar y avanzar en los programas de flexibilidad y fortalecimiento.
- Entrenamiento funcional de la fase 5.
  - Entrenamiento Aeróbico.
    - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores.
  - Agilidad.
    - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores.
    - Ejercicios de cambio de dirección.
  - Propiocepción.
    - Ejercicios de reacción.
    - Actividades específicas avanzadas del deporte que practica el paciente (a velocidad normal).
  - Correr.
    - Continuar con los ejercicios de las fases anteriores.
  - Ejercicios pliométricos.

- Aumentar la altura del cajón.

### **Fase 5: reincorporación a la actividad deportiva.**

#### **➤ Criterios de progresión a la fase 5.**

- No hay síntomas en la articulación femoropatelar, ni en las partes blandas.
- El paciente satisface todos los criterios para reincorporarse a la actividad deportiva.
- Autorización del médico especialista en rehabilitación para la reincorporación a la actividad normal sin restricciones.

#### **➤ Objetivos.**

- Reincorporarse sin riesgos a la actividad deportiva.
- Mantener la fuerza, la resistencia y la propiocepción.
- Informar al paciente de cualquier limitación que pudiera encontrarse al reincorporarse a la actividad deportiva.

#### **➤ Aparatos ortopédicos.**

- Se puede recomendar al paciente que utilice una órtesis funcional cuando practique deporte durante el primer año o los 2 primeros años después de la intervención quirúrgica para aumentar la confianza desde el punto de visto psicológico.

- **Ejercicios terapéuticos.**
  - Retorno gradual a la actividad deportiva.
  - Programa de mantenimiento de la fuerza y la resistencia.
  - Ejercicios avanzados de agilidad y específicos para el deporte que practique el paciente.

### **V.3 LINEAMIENTOS GENERALES DE LOS EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO**

- **Fase 1: semanas 0-2**
  - Solo ejercicios isométricos de cuádriceps.
  - EEPE en todos los planos. Aumentando cargas según tolerancia.
  - Isquiotibiales en prono y en bípedo según tolerancia (*Ejercicio 1a*)
  
- **Fase 2: semanas 2-4**
  - Isométricos de cuádriceps.
  - Mini-sentadillas en CCC de 0° A 30°. (*Ejercicio 1b*)
  - Press de pierna de 0° a 30°. (*Ejercicio 1c*)
  
- **Fase 3: semana 6-mes 4.**
  - Sentadilla con una sola pierna, pres de piernas de 0-60° (*Ejercicio 1d*)
  - Isquiotibiales en CCA
  - Cuádriceps en CCA de 90° a 60° con resistencia manual y en CCC de 0° a 30°

- Ejercicios pliométricos, subir y bajar escaleras (*Ejercicio 1e*), saltar la cuerda, saltar cajones. (*Ejercicio 1f*)
  - Mini estocadas.
- **Fase 4: mes 4.**
- Fortalecimiento de cuádriceps (*Ejercicio 1g*) e isquiotibiales en CCA.
- **Fase 5: reincorporación a la actividad deportiva**
- Continuar fortalecimiento de cuádriceps e isquiotibiales en CCA (*Ejercicios 1h*)
  - Continuar con ejercicios pliométricos, subir escaleras, saltar la cuerda, cajones etc.

#### V.4 DEMOSTRACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE FORTALECIAMIENTO DE AMBOS PROTOCOLOS

*“Las siguientes imágenes fueron captadas con el fin de realizar una demostración de algunos ejercicios con la aplicación de KAATSU, sin embargo los ejercicios de fortalecimiento serán utilizados en ambos protocolos.”*

##### *Ejercicio 1a .-*

Isquiotibiales en prono.



*a.-) Posición inicial.*



*b.-) Posición final.*

**Ejercicio 1b.-**

Mini-sentadillas (0 – 30°).

**Figura 16a**



*a.-) Posición inicial.*

**Figura 16b**



*b.-) Posición final.*

**Ejercicio 1c.-**

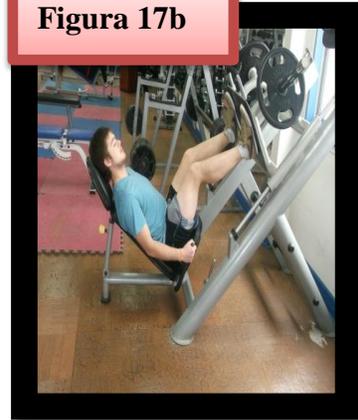
Extensión en CCC (press de piernas de 0-30°).

**Figura 17a**



*a.-) Posición inicial.*

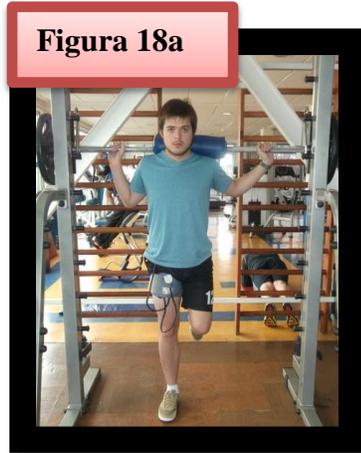
**Figura 17b**



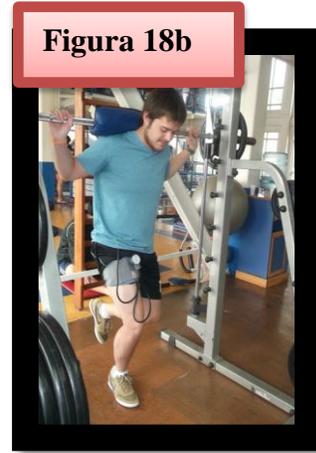
*b.-) Posición final.*

***Ejercicio 1d.-***

Sentadilla con una sola pierna, pres de piernas de 0-60°.



***a.-) Posición inicial.***



***b.-) Posición final.***

***Ejercicio 1e.-***

Subir y bajar escaleras.



***a.-) Subir escaleras***



***b.-) Bajar escaleras.***

**Ejercicio 1f.-**

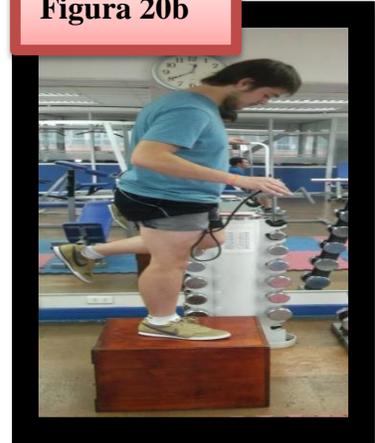
Salto desde un cajón.

**Figura 20a**



*a.-) Posición inicial.*

**Figura 20b**



*b.-) Posición final.*

**Ejercicio 1g.-**

Sillón de cuádriceps

**Figura 21a**



*a.-) Posición inicial.*

**Figura 21b**

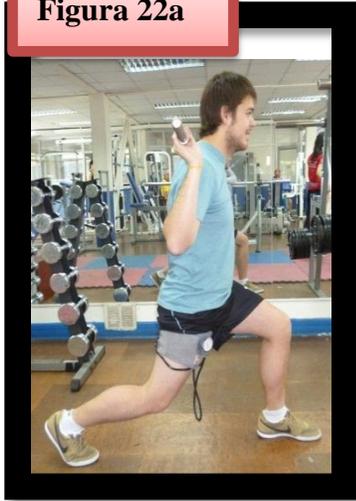


*b.-) Posición final.*

*Ejercicio 1h.-*

*Estocadas.*

**Figura 22a**



*a.-) Posición inicial.*

**Figura 22b**



*b.-) Posición final.*

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **VI.1 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO**

##### **VI.1.1 Hipótesis estadística**

###### **VI.1.1.1 Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>)**

No existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la efectividad del entrenamiento con KAATSU al modificar un protocolo de rehabilitación en comparación al protocolo de rehabilitación por sí solo, para aumentar la fuerza muscular.

###### **VI.1.1.2 Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>)**

Existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren la efectividad del entrenamiento con KAATSU al modificar un protocolo de rehabilitación en comparación al protocolo de rehabilitación por sí solo, para aumentar la fuerza muscular.

#### **VI.2 MANEJO DE DATOS**

##### **VI.2.1 Análisis descriptivo**

El análisis descriptivo permite presentar la información cuantitativa de una forma comprensiva, permitiendo al investigador describir, organizar y sintetizar los datos del estudio, favoreciendo su posterior análisis.

A partir del análisis descriptivo se determinarán las distribuciones de frecuencia de aquellos valores recogidos en cada una de las mediciones propuestas en la investigación (mediciones racionales o proporcionales), estas serán organizadas, agrupadas y presentados en tablas de datos de Microsoft Excel junto a gráficos de polígono de frecuencias e histogramas, con el objetivo de determinar índices de tendencia central y variabilidad. Para esto se realizará el cálculo de media aritmética y desviaciones estándar según corresponda para cada análisis de los resultados arrojados.

## **VI.2.2 Análisis inferencial**

La estadística Inferencial y por ende su análisis mismo, provee los medios necesarios para formular conclusiones y parámetros acerca de una población a partir de los datos obtenidos en una muestra, permite además tomar decisiones en cuanto a la prueba de hipótesis, las cuales nos permiten considerar objetivamente los resultados de la investigación y decidir si estas verdaderamente reflejan diferencias en el comportamiento de las variables.

Para analizar las variables del estudio se utilizara el Software estadístico Stata 12, ya que debido a sus características nos permitirá el cálculo de las medidas de tendencia central y de dispersión, además de la aplicación de las pruebas estadísticas.

La variable primaria de resultado corresponde a la fuerza muscular tanto del grupo extensor de rodilla como de los flexores de esta, para su análisis se utilizará la prueba paramétrica intersujeto, *T de student* para grupos independientes, ya que esta permite establecer la diferencia de los promedios de fuerza muscular pretratamiento y postratamiento, entre ambos grupos. Para esta medición se considerará un nivel de significación de 5%. Esta misma prueba estadística permitirá determinar los cambios en cuanto a la estabilidad anteroposterior.

Para el análisis de la relación entre el cambio de fuerza muscular y el área de sección transversal en los individuos de los grupos, se utilizará la prueba correlacional de *r de Pearson*, ya que el cálculo de este coeficiente resume la magnitud y la dirección de la relación entre las variables, permitiendo probar la hipótesis acerca de la correlación de estas.

## CAPITULO VII

### CONSIDERACIONES ÉTICAS

#### VII.1 ÉTICA DEL ESTUDIO.

La ética se considera un aspecto fundamental en el desarrollo de investigaciones de las ciencias de la salud, ya que esta puede conducir y guiar a distintas decisiones o cursos de acción. De acuerdo a lo anterior, se debe tener en cuenta el cumplimiento de ciertos conceptos que pretendan dar contenido al esbozo moral que supone la declaración del valor y dignidad de la persona, estableciendo 4 principios de la ética biomédica, los cuales fueron descritos por primera vez en el informe de Belmont en el año 1979, estos se describen como; principio de autonomía, principio de beneficencia, principio de no maleficencia y el principio de justicia.

Para el cumplimiento de estos principios éticos se han establecido ciertas medidas que serán descritas a continuación.

El protocolo de investigación de este estudio será presentado ante el comité de ética del Servicio de Salud Araucanía Sur, organismo que deberá analizarlo para su posterior aprobación y autorización.

##### **a) Principio de autonomía**

Los individuos seleccionados tienen la posibilidad y la libertad de elegir ser parte o no de este estudio y abandonarlo en el momento que precisen conveniente si sienten alguno de sus derechos vulnerados, estos se encuentran descritos en la

declaración de consentimiento informado detallada para la inclusión de los pacientes al estudio.

#### **b) Principio de beneficencia y no maleficencia**

Los beneficios del tratamiento de ambos grupos superan los posibles riesgos que se pudieran presentar. Esto se traduce en que el tratamiento con KAATSU permitiría lograr un mayor aumento de la fuerza muscular, previniendo procesos de atrofia y pérdida en la estabilidad anteroposterior de rodilla, mejorando así la funcionalidad total de la articulación, para los pacientes del estudio. La literatura respalda el hecho de que no existen supuestos riesgos en la aplicación de la terapia oclusiva del flujo sanguíneo, por lo tanto si eventualmente la terapia no llegase a lograr los efectos deseados, los pacientes no verían mayormente afectado su proceso de rehabilitación, siendo compensados con tratamiento convencional si así fuera.

#### **c) Principio de justicia**

Ningún paciente será excluido o discriminado del estudio, por su condición socioeconómica, raza, sexo etnia o tendencia política, siendo tratados de la misma forma, sin distinciones, mientras se encuentren sometidos a las terapias, esto permite una equitativa distribución de los beneficios y riesgos entre los participantes del estudio. Permitiendo una vez aplicados los criterios de elegibilidad, que todos los pacientes tengan la misma probabilidad de ser seleccionados y de obtener similares beneficios producto de las intervenciones.

#### **d) Confidencialidad de datos**

Cada individuo será identificado y tendrá relación sólo con el equipo investigador por lo que datos relacionados con la privacidad serán manejados de forma confidencial. Además para el análisis y difusión de los resultados no se utilizará información personal, por lo que no se hará identificación de las personas participantes.

## CAPITULO VIII

### ADMINISTRACIÓN Y PRESUPUESTO

#### VIII.1 ADMINISTRACION.

Para la realización y ejecución de ambos protocolos de rehabilitación, se requerirá de un equipo de recursos humanos íntegro y cohesionado, que permita llevar a cabo el estudio siendo capaz de dar respuesta a la pregunta de investigación. Además se necesitara de cierta implementación material que permita desarrollar las actividades propuestas. A continuación se detallaran cada uno de los integrantes del equipo de investigación, aspectos relevantes con relación al rol de los profesionales, al grado de especialización y capacitación de estos, responsabilidades y el costo monetario que implica su participación.

##### VIII.1.1 Equipo de investigación.

El equipo estará conformado por: dos Kinesiólogos (uno de ellos capacitado en el entrenamiento con KAATSU y otro especialista en la rehabilitación postquirúrgica de LCA) que se desempeñaran como tratantes e investigadores principales, un Médico radiólogo, un Kinesiólogo evaluador, dos internos de Kinesiología de la Universidad de La Frontera, un Bioestadístico y una Secretaria.

##### VIII.1.2 Características de los miembros del equipo

Kinesiólogo A: Profesional capacitado y certificado en el entrenamiento KAATSU, por lo que conocerá los fundamentos fisiológicos, riesgos y beneficios, tipos de

aplicaciones y uso de implementación. Tendrá experiencia en la rehabilitación postquirúrgica de LCA mediante el Protocolo D´Amato y Bach.<sup>9</sup> Se desempeñará como investigador principal.

*Kinesiólogo B:* Profesional especialista en la rehabilitación postquirúrgica de LCA, con vasta experiencia en este tipo de lesiones y conocimiento de su resolución quirúrgica. Además tendrá experiencia y conocimiento en la aplicación del Protocolo D´Amato y Bach de rehabilitación post reconstrucción de LCA. Junto con el *Kinesiólogo A* se desempeñará como investigador principal.

*Kinesiólogo C:* Profesional con experiencia en la toma de evaluaciones de Fuerza y perímetro muscular. Se desempeñará como Co-investigador.

*Medico Radiólogo:* Profesional especialista en la toma e interpretación de resonancia magnética de rodilla.

*Bioestadístico:* Profesional con vasta experiencia en calculo muestral, análisis estadístico e investigaciones en el área de la rehabilitación musculoesqueletica.

*Secretaria:* Técnico Profesional con capacidades organizacionales y de trabajo en equipo.

*Ayudantes:* Estudiantes de Kinesiología de quinto año con conocimientos integrados sobre la lesión de LCA, habilidades organizacionales, trabajo en equipo y proactividad en la asistencia de las intervenciones.

### **VIII.1.3 Rol del equipo.**

#### *a) Investigadores Principales (Kinesiólogo A – Kinesiólogo B)*

- Coordinar, organizar y liderar la investigación.
- Conformar el equipo que trabajará en la investigación.
- Asignar roles al equipo de trabajo.
- Reclutar la muestra de pacientes postquirúrgicos de LCA.
- Verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión.
- Modificar el Protocolo D'Amato y Bach de rehabilitación postquirúrgica de LCA con la técnica de entrenamiento KAATSU.
- Explicar a los pacientes los procedimientos durante la investigación y tiempo de duración de esta.
- Elaborar el consentimiento informado
- Corroborar firma de consentimiento informado de los pacientes.
- Ejecutar los protocolos a los grupos de estudio.
- Verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión.
- Informar al equipo el cronograma de trabajo, normas y procedimientos.
- Programar y organizar reuniones periódicas con el equipo de investigación, con el objetivo de verificar los avances, cumplimiento del cronograma y dificultades que se hayan presentado.
- Resguardo de principios éticos de la investigación.
- Administrar recursos económicos.

- Analizar los resultados en conjunto con el Bioestadístico y Co-investigador.
- Informar al equipo de trabajo los resultados para su posterior discusión.
- Publicar los resultados y conclusiones obtenidas.

*b) Co-investigador (Kinesiólogo C)*

- Asistir en la organización y coordinación de la investigación
- Asistir a los investigadores en términos de reclutamiento y criterios de selección de los pacientes.
- Informar al equipo de trabajo en cuanto a los cambios en el cronograma y dificultades que se hayan presentado en el transcurso de la investigación.
- Medir las variables del estudio.
- Participar en la recolección y análisis de los resultados obtenidos durante la medición de las variables.
- Participar en la discusión de los resultados.
- Ayudar a difundir resultados y conclusiones obtenidas.
- Velar por la confidencialidad de los pacientes.

*c) Medico Radiólogo*

- Participar activamente de las reuniones organizadas por el equipo.
- Realizar la prueba imagenológica (resonancia magnética).
- Informar sobre hallazgos o anomalías en la prueba imagenológica.

- Informar al equipo los hallazgos clínicos, entorno a la variable sección transversal.
- Participar en la discusión de los resultados.

*d) Bioestadístico*

- Realizar el cálculo muestral
- Realizar la aleatorización de los pacientes.
- Participar en reuniones propuestas por los investigadores principales.
- Ingresar los resultados a la base de datos.
- Colaborar en la interpretación y análisis de los resultados junto a los investigadores principales y al co-investigador
- Participar junto a todos los integrantes del equipo en la discusión de resultados.

*e) Secretaria*

- Responsable del registro de asistencia de los pacientes
- Confección de carnet del paciente (Anexo 2) donde se indica hora y fecha de las sesiones de tratamiento.
- Organizar en archivos confidenciales las fichas clínicas de los pacientes.

*f) Ayudantes (alumnos quinto año de Kinesiología)*

- Realizar mediciones antropométricas de los pacientes para ser registradas en su ficha clínica.

- Control de signos vitales (Frecuencia cardiaca, Frecuencia respiratoria, Presión arterial) al comienzo y al término de las terapias.
- Asistir a los Kinesiólogos Tratantes en la aplicación de las terapias, uno en cada grupo de estudio.
- Asistir a los pacientes en la correcta realización de los ejercicios

#### VIII.1.4 Materiales e Implementación.

Para la ejecución de la investigación se consideran los siguientes materiales:

**Tabla 9**

<b>Implementación Terapéutica y Evaluativa</b>	<b>Implementación general</b>
Artrometro KT-1000	Notebook
Dinamómetro	Impresora multifuncional
Cinta métrica	Escritorio
Camillas	Silla de escritorio
Theraband	Conexión a internet
Pesas ajustables	Teléfono red fija
Mancuernas	Sillas comunes y acolchadas
Esfigmomanómetro (medidor de reloj) ( <i>para aplicar entrenamiento KAATSU</i> )	Hojas tamaño carta y oficio
Esfigmomanómetro (columna de mercurio)	Sobres de carta
Kit antropométrico	Lápices
Balón terapéutico	Carnet de pacientes
Cicloergómetro	Carpetas archivadoras
Treadmill	Sabanillas desechables
Elliptical Stepper	Utilería de aseo

Banco de cuádriceps	Insumos básicos
Huinchas de estabilización	
Toallas	
Disco de Freeman	
BAPS. Biomechanical ANKLE platform system	
Mini Tramp Cama Elástica Minitramp Powerjump Ubound	
Pogo ball Modelo: HZ-PB Marca: huazheng.	

#### **VIII.1.4.1Espacio físico**

Las intervenciones necesarias para el estudio se realizarán principalmente en la clínica Kinésica de la Universidad de la Frontera, la cual dispone de altos estándares de calidad en cuanto a sus instalaciones y atención a la comunidad. Esta posee la implementación y materiales necesarios para realizar rehabilitación musculoesquelética, cuenta con un gimnasio y dos box de atención que serán utilizados para la atención de ambos grupos de estudio.

#### **VII.1.4.2Espacios Anexos**

Los exámenes de Resonancia magnética serán solicitados a la Clínica Alemana de Temuco, posterior a la firma del convenio solicitado, lugar donde acudirán los pacientes, terminada la intervención Kinésica. Las placas radiológicas serán entregadas sin interpretar al Médico Radiólogo miembro de la investigación, para su posterior análisis e interpretación.

## VII.2 PRESUPUESTO

Para obtener los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la investigación, se postulará a diversos fondos concursables, ya sea estatales o bien de capital privado, de forma tal que se asegure la plena aplicación y ejecución del proyecto. Se gestionaran apoyos universitarios relacionados al préstamo de las dependencias de la Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera y sus servicios comunicacionales (*Wii-fi y teléfono de red fija*), fuera de su horario de atención regular.

Las remuneraciones del equipo de investigación serán de acuerdo a los periodos laborales en que se desempeñen, siendo así los investigadores principales junto al Co-investigador los que trabajaran durante todo el tiempo dispuesto, es decir, 3 horas, 4 veces a la semana durante 18 meses. El Medico Radiólogo y Bioestadístico solo colaborarán a tiempo parcial, mientras que el personal colaborador y de secretariado trabajaran también durante todo el tiempo dispuesto.

Las tablas 10 y 11. muestran el detalle en términos de materiales y recursos humanos, con sus respectivos gastos monetarios y remuneraciones.

**Tabla 10**

<b>GASTOS IMPLEMENTACIÓN TERAPÉUTICA Y EVALUATIVA</b>		
<b>Gastos Equipos y materiales</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<i>1 Artrometro KT-1000</i>	2.000.000	2.000.000
<i>1 Dinamómetro</i>	300.000	300.000
2 Cinta métrica	-----	√
6 Camillas	-----	√
Kit Theraband	-----	√
Kit Pesas ajustables	-----	√
Kit Mancuernas	-----	√
6 Esfigmomanómetro (medidor de reloj)	12.000	72.000
2 Esfigmomanómetro (columna de mercurio)	-----	√
Kit antropométrico	-----	√
2 Balón terapéutico	-----	√
2 Cicloergómetro	-----	√
1 Treadmill	-----	√
2 Elliptical Stepper	152.000	304.000
1 Banco de cuádriceps	-----	√
4 Huinchas de estabilización	3.000	12.000

Set Toallas	-----	√
2 Disco de Freeman	-----	√
Bascula Romana de plataforma	-----	65.000
86 Resonancia Nuclear Magnética	100.000	17.200.000
1 BAPS. Biomechanical ANKLE platform system	250.000	250.000
1 Mini Tramp Cama Elástica Minitramp Powerjump Ubound	220.000	220.000
Treadmill	288.000	288.000
Pogo ball	130.000	130.000
<b>Total</b>		<b>\$20.841.000</b>

**Tabla 11****GASTOS IMPLEMENTACIÓN GENERAL**

<b>Gastos</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
1 Notebook	250.000	250.000
1 Impresora multifuncional	38.000	38.000
1 Escritorio	-----	√
Silla de escritorio	15.000	15.000
Conexión a internet	15.000	15.000
Teléfono red fija	-----	√
Sillas comunes y acolchadas	-----	√
Hojas tamaño carta y oficio	3.000/ resma	30.000
Sobres de carta	200	4.000
Lápices	150	1500
Carnet de pacientes	-----	-----
Carpetas archivadoras	200	20.000
Sabanillas desechables	4.000/ rollo	40.000
<b>Total</b>		<b>\$413.500</b>

**Tabla 12**

<i>Personal</i>	<i>Jornada laboral</i>	<i>Remuneración por mes</i>	<i>Remuneración total</i>
Kinesiólogo <b>A</b> ( <i>Invest. Princip.</i> )	<b>Tiempo completo.</b>	<b>No percibe remuneración</b>	-----
Kinesiólogo <b>B</b> ( <i>Invest. Princip.</i> )	Tiempo completo.	No percibe remuneración	-----
Kinesiólogo <b>C</b> ( <i>Co-invest.</i> )	Tiempo completo.	No percibe remuneración	-----
Medico Radiólogo	Tiempo parcial.	500.000 (remunerado por 4 meses de trabajo)	2.000.000
Bioestadístico	Tiempo Parcial	200.000 (trabajo durante 4 meses)	800.000
Ayudante <b>A</b>	Tiempo completo	Bono de locomoción \$10.000	\$250.000
Ayudante <b>B</b>	Tiempo completo	Bono de locomoción \$10.000	\$250.000
Secretaria	Tiempo completo	\$250.000	\$ 6.250.000
<b>Total</b>			<b>\$9.550.000</b>

### **VIII.3 PROPUESTA DE CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

#### **Etapa I: Conformación del grupo de trabajo**

- Aprobación de la investigación por parte del comité de ética.
- Obtención del financiamiento
- Adquisición de la implementación técnica estimada en el presupuesto
- Reclutamiento de los profesionales y personal del equipo de trabajo
- Planificación detallada del estudio e indicación de los roles y responsabilidades de los profesionales y del personal perteneciente al equipo de trabajo.
- Solicitud de espacios físicos e implementación técnica, al director de la Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera.
- Solicitud de convenio con la Clínica Alemana de Temuco, para acceder a precio y horarios preferenciales en la toma de resonancias magnéticas a los pacientes del estudio.

#### **Etapa II: Firma de convenios con las instituciones**

- Aprobación de solicitud de ocupación de espacios físicos e implementación técnica de la Clínica Kinésica de la Universidad de la Frontera, fuera de su horario de atención general al público.
- Firma de convenio con la Clínica Alemana de Temuco, en cuanto a los horarios y precios preferenciales.

### **Etapa III: Inicio del reclutamiento de pacientes**

- Inicio del reclutamiento de los pacientes, proceso que tendrá una duración de un año.
- Firma de consentimiento informado por parte de los pacientes que se integren progresivamente al estudio.
- Proceso de Aleatorización, para los pacientes que se integren progresivamente durante el periodo establecido.
- Registro de evaluaciones iniciales y mediciones basales correspondientes, en las fichas clínicas de los pacientes.
- Toma de resonancia magnética inicial en los pacientes, previo al comienzo de su tratamiento su tratamiento.
- Entrega de carnet del paciente para comenzar con el inicio del tratamiento.

### **Etapa IV: Ejecución de los protocolos de rehabilitación.**

*\*\* Ya que existe superposición de las fases, las actividades de la fase anterior serán repetidas en esta, a medida que se integren los nuevos pacientes.*

- Aplicación de los protocolos de rehabilitación para los pacientes de ambos grupos.
- Realización de las evaluaciones de Fuerza y estabilidad anteroposterior al comienzo de la primera fase y al final de cada una de estas en ambos protocolos.
- Toma de resonancia magnética final en los pacientes, al término de la última fase de rehabilitación de los protocolos

### **Etapa V: Análisis de Datos**

- Ingreso a la base de datos los resultados obtenidos en las evaluaciones
- Organización y limpieza de los datos
- Realización del análisis estadístico de los resultados obtenidos
- Discusión y análisis de los resultados, para la posterior elaboración de informe final.

### **Etapa VI: Difusión y publicación de los resultados**

- Redacción de informe final
- Publicación de los resultados y difusión de estos

### VIII.3.1 Carta Gantt

ETAPAS	2012												2013												2014											
	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D											
Actividades																																				
Aprobación de la investigación																																				
Obtención de Financiamiento																																				
Compra implementos																																				
I Estructuración equipo de trabajo																																				
Planificación de trabajo																																				
Solicitud espacios físicos																																				
Solicitud de convenio																																				
II Aprobación de solicitud																																				
Firma de convenio																																				
Reclutamiento de los pacientes																																				
Firma de consentimiento informado																																				
III Aleatorización de terapias																																				
Registro en fichas clínicas																																				
Resonancia magnética inicial																																				
IV Aplicación de Tratamientos																																				
Aplicación de Evaluaciones																																				
Resonancia magnética final																																				
V Ingreso en base de datos																																				
Análisis estadístico																																				
VI Publicación y difusión de los resultados																																				

## ANEXOS

### Anexo 1.-



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE MEDICINA  
CARRERA DE KINESIOLOGÍA**

**DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA  
PARTICIPAR EN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DE LA  
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA.**

**“Efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo contra bajas cargas de resistencia (KAATSU) al modificar un protocolo de rehabilitación estándar de ligamento cruzado anterior (LCA) versus el mismo protocolo por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción del LCA”**

**Nota:** Este consentimiento deberá ser leído detenidamente por el usuario, previa incorporación en el estudio, teniendo la posibilidad de preguntar sus dudas sobre él a cualquier miembro del personal responsable.

**Investigadores:** Nicolás Salom Díaz y Francisco Soto Rodríguez, estudiantes 4° año de la carrera de Kinesiología, Universidad de La Frontera, Temuco, Región de la Araucanía, Chile.

**1) Título del Estudio:** Efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo contra bajas cargas de resistencia (KAATSU) al modificar un protocolo de rehabilitación versus el protocolo de rehabilitación por sí solo, para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior con el método semitendinoso grácil en la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre enero del 2013 y enero del 2014.

**2) Lugar de Ejecución del Proyecto:** Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera, calle Phillipi #581 en Temuco

**3) Objetivo del estudio:** La finalidad de la realización de este estudio tiene por objetivo, determinar la efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo contra bajas cargas de resistencia (KAATSU) para aumentar la fuerza muscular, en individuos que practiquen deporte sometidos a cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior la Clínica Alemana y el Hospital Hernán Henríquez Aravena de Temuco, entre enero del 2013 y enero del 2014.

**4) Procedimientos:** Al aceptar ser parte del estudio el paciente, individuo o usuario se compromete a:

- Responder preguntas sobre su historial de salud e información relevante relacionada al tratamiento, para ser anexado en la ficha clínica perteneciente a cada paciente, la cual será manejada en absoluta confidencialidad.
- Aceptar ser designado en cualquiera de los dos grupos (grupo de control o grupo de intervención), ya sea en el de entrenamiento tradicional o bien con el entrenamiento KAATSU.
- No comentar al evaluador sobre el tratamiento que usted está recibiendo.
- Recibir una evaluación inicial antropométrica al comienzo del tratamiento, para conocer su condición de ingreso.
- Asistir a la toma de una resonancia magnética en la Clínica Alemana de Temuco (sin costo) al momento de ser dado de alta de la cirugía.

- Asistir a las sesiones de tratamiento Kinésico, 3 veces por semana a partir del cuarto día de postoperatorio, durante un periodo de 6 meses, finalizando este con la entrega del alta y la realización de las evaluaciones finales. Las sesiones tendrán una duración aproximada de una hora, pudiendo variar levemente en algunas ocasiones.
- Participar durante las sesiones de tratamiento con ropa cómoda que le permita una buena movilidad. (zapatillas, short y polera)
- Asistir en los horarios y fechas estipuladas en el Carnet del paciente, el cual será actualizado mes a mes.
- Permitir las evaluaciones correspondientes al final de cada una de las fases de rehabilitación, determinadas por el protocolo y el equipo tratante. Todas estas serán realizadas sobre la pierna operada, las evaluaciones corresponden a fuerza muscular y estabilidad articular de rodilla, ambas realizadas en la Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera por el personal evaluador del estudio.
- Asistir a la toma de una resonancia magnética en la Clínica Alemana de Temuco (sin costo) al momento de terminar la rehabilitación Kinésica establecida, para posteriormente ser dado de alta.

\*\* El paciente recibirá un bono de 6500 pesos chilenos cada 15 días, con el objetivo de costear los gastos de locomoción y traslado hacia la Clínica Kinésica de la Universidad de La Frontera.

\*\* En el caso de constantes inasistencias a las sesiones de tratamiento Kinesico, el equipo investigador podría dejarlo fuera del estudio, sin posibilidad de poder volver a reintegrarse.

**5) Confidencialidad:** Cada individuo será identificado y tendrá relación sólo con el equipo investigador por lo que datos relacionados con la privacidad serán manejados de forma confidencial. Además para el análisis y difusión de los resultados no se utilizará información personal, por lo que no se hará identificación de las personas participantes.

**6) Beneficios de los pacientes:** La participación del estudio, Busca generar una mejora de la función articular de la rodilla en el paciente postoperado de ligamento cruzado anterior, en razón a la ganancia de fuerza y la estabilidad, en cualquiera de los dos grupos del estudio que el paciente sea asignado. Existe la posibilidad de que los resultados no sean los esperados, en ese caso siempre se velará por la rehabilitación correcta y completa, salvaguardando el beneficio para los pacientes.

De esta misma forma es necesario destacar que si los resultados son los óptimos y esperados, se estará generando un beneficio tanto para usted como para los futuros pacientes que requieran de la rehabilitación post reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Favoreciendo la construcción de una nueva tendencia en el correcto y efectivo tratamiento de este tipo de lesiones

**7) Riesgos:** El riesgo de presentar complicaciones en el injerto implantado durante la cirugía es mínimo, pues el equipo profesional ha tomado en cuenta todas las precauciones y consideraciones especiales en cuanto a la prescripción de los ejercicios para evitar tensiones excesivas sobre este e incidir negativamente sobre el injerto. Tampoco existen riesgos expuestos en la literatura con respecto al uso del KAATSU, por lo que se considera una técnica segura y sin riesgos para el paciente. Por último es importante destacar que ambos grupos estarán a cargo de profesionales expertos y capacitados en el entrenamiento KAATSU y de rehabilitación protocolizada.

**8) Alternativas de participación del estudio:** Todas las personas seleccionadas son voluntarias y libres de participar o no participar del estudio, pudiendo abandonarlo en cualquier momento, sin verse expuestos a algún tipo de sanción.

**9) Información Financiera:** La participación en el estudio se traduce en la gratuidad del tratamiento rehabilitador y en la entrega de un bono de 6500 pesos chilenos, información expuesta en el punto N°4.

**Consentimiento:**

En relación a lo anteriormente dispuesto y en conocimiento del objetivo de la investigación, sus procedimientos, riesgos, beneficios y mis derechos como paciente. Yo \_\_\_\_\_  
Rut \_\_\_\_\_ Declaro que he decidido participar en este estudio; entendiendo que el equipo investigador ha respondido a cabalidad todas mis dudas respecto a la información del estudio y he recibido una copia de este documento.

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma del  
Participante

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma del  
Responsable

Fecha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012

Temuco, Región de la Araucanía – CHILE

-----  
*Nombres y teléfonos de contacto responsables del proyecto:*

- Nicolás Salom Díaz : 68634628
- Francisco Soto Rodríguez : 88266468

Carrera de Kinesiología  
Universidad de La Frontera.

Anexo 2.-

Anverso

<b><u>Carnet del paciente</u></b>	<i>Centro Kinésico Universidad de la Frontera</i>
	
Nombre: _____	
Rut: _____	
Dirección: _____	
Fono: _____	
Fecha de ingreso: _____	
Numero de ingreso: _____	

Reverso

SESIONES DE TRATAMIENTO KINÉSICO					
Sesión	Fecha	Hora	Sesión	Fecha	Hora
1			8		
2			9		
3			10		
4			11		
5			12		
6			13		
7			14		

## **Bibliografía.**

1. Ramos Álvarez J, López-Silvarrey F, Segovia Martínez J, Martínez Melen H, Legido Arce J. Patient rehabilitation with anterior cruciate ligament injurie of the knee. Review. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte 2008. Vol 8.
2. Forriol F, Maestro A , Vaquero Martín. The anterior cruciate ligament: Morphology and function. Trauma Fund MAPFRE 2008. Vol 19.
3. Juan Martín Hernández, PhD. Juan Azael Herrero Alonso “Respuestas y adaptaciones al entrenamiento de fuerza oclusivo de baja intensidad.” EFDeportes.com, revista digital Enero 2012. N° 164
4. I. Chulvi-Medrano Entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta. Rev Andal Med Deporte. 2011.
5. Rafael Visbal Salgado, Orlando Yamhure Dacarett, Juan González Velásquez, Arnovis Colina Ortega, Carlos Severini, Moisés López Iglesias. Reconstrucción de ligamento cruzado anterior con autoinjerto semitendinoso-recto interno fijado con tornillos de interferencia bioabsorbibles: evaluación clínica y funcional. Rev. Colombiana Ortopedia y Traumatología. Dic 2011. Vol 25

6. Rodrigo Miralles Marrero, Iris Miralles Rull. Biomecánica Clínica de Los Tejidos y Las Articulaciones del Aparato Locomotor. Segunda edición. Barcelona España. Editorial Masson S.A 2005
7. Norwood LA, Cross MM. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. Am J Sports Med, 1979.
8. Amis AA, Dawkins PC. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament: fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. Journal Bone Joint Surg (Br) 1991.
9. S. Brent Brotzman, Kevin E. Wilk. Rehabilitación ortopédica clínica. Segunda edición, Madrid España. Editorial Elsevier,2005
10. **Jose Manuel Sánchez Ibáñez.** Reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Fisioterapia acelerada en sobrecarga excéntrica (Internet) 2008 (consulta el 7 de Junio de 2012) Disponible en: <http://www.efisioterapia.net/articulos/reconstruccion-del-ligamento-cruzado-anterior-lcafisioterapia-acelerada-sobrecarga-excentr>
11. Paredes Hernández V., Martos Varela S. y Romero Moraleda B. Propuesta de readaptación para la rotura del ligamento cruzado anterior en fútbol. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y

el Deporte. 2011; 11 (43) 573-591. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista43/artprotocolo226.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista43/artprotocolo226.htm)

12. Dr. Alejandro Orizola M., Álvaro Zamorano C. Anterior cruciate ligament reconstruction in female athletes. Rev. Med. Clin. Condes. 2012; 23(3) 319-325
13. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Manual de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Segunda edición, Madrid España. Editorial Panamericana,2010
14. Guía de Práctica Clínica, Manejo de las Lesiones Ligamentarias Traumáticas en Rodilla, México: Secretaría de Salud; 2009.
15. Primera sección. Patología traumática. Tema: Lesiones traumáticas de la rodilla. (Internet) (consulta el 15 de Mayo de 2012) Disponible en: [http://escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau\\_Secc01/Trau\\_Secc01\\_42.html](http://escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau_Secc01/Trau_Secc01_42.html).
16. Héran Vélez A. ,William Rojas M., Jaime Borrero R., Jorge Restrepo. Radiología e imágenes diagnósticas. Segunda edición, Colombia. Fondo editorial de la corporación para las investigaciones biológicas CIB. 2006

17. López Soto J., Álvarez Hernández R. Rehabilitación de lesiones deportivas en el ligamento cruzado anterior. Revista Digital. Buenos Aires, Año 2010, N° 148.
18. Vaquero Martín J, Calvo Haro J A, Forriol Campos F. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Trauma Fund MAPFRE. Vol 19. 2008
19. Kurosaka M, Yoshiya S, Andrish JT. A. Biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med Vol. 87. 2005
20. Dr. Roberto Yañez, Dr. Diego Ocaranza, Dr. Rodrigo Dölz. Elección del injerto en cirugía de reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Rev artroscopía. vol. 17 2010.
21. Sebastián Farias Torres, Javier Marina del Río Comparación funcional entre injertos Hueso-Tendón Patelar- Hueso y Tendón Semitendinoso-Gracilis en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior de Rodilla; estudio transversal realizado en el Hospital Clínico de la Universidad de Chile. [Tesis para optar al Grado de Licenciado en Kinesiología]. Universidad de Chile, 2005

22. Weiler A, peine R, Pashmineh – Azar R, et al: Tendon to bone Heling Under Direct Interfenence Screww Fixation in a Sheep Model. AANA Spring Metting, Orlando, FL, 1998.
23. Freedman KB, D’Amato MJ, Jedeff DD, Kaz A, Bach BB Jr. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. Am J Sports Med 2003; 31:2-11.
24. Rodríguez Argáiz, F.; Narváez Jiménez, A.; Fernández Gordillo, F.; Díaz Martín, A.; de La Varga Salto, V., y Guerado Parra, E. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior con semitendinoso y recto interno. Rev. Ortp. Traumatol. vol. 46 2002.
25. Cugat Bertomeu R, Samitier Solís G, Álvarez Díaz P ,Steinbacher G. Failure of anterior cruciate ligament surgery. Trauma Fund MAPFRE Vol 19 2008..
26. Allum R.L. BASK Instructional Lecture 1: graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. J. The Knee.Vol 8. 2001
27. Amiel D, Kleiner JB, Roux RD, Harwood FL, Akeson W. The phenomenon of «ligamentization»: anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. J.Orthop Res 1986.

28. Scheffler SU, Unterhauser FN, Weiler A. Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008; 16:834-42.
29. Rougraff B, Shelbourne KD, Gerth PK, Warner J. Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1993.
30. Yasuda K, Tomita F, Yamazaki S, Minami A, Tohyama H. The effect of growth factors on biomechanical properties of the bone–patellar tendon–bone graft after anterior cruciate ligament reconstruction: a canine model study. *Am J Sports Med* 2004;
31. Márquez Arabia, Jorge Jaime; Márquez Arabia, William Henry. Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. Vol. 22. 2009.
32. Vergis A, Gillquist J. Graft failure in intra-articular anterior cruciate ligament reconstructions: a review of the literature. *J. Arthroscopy* 1995.
33. J. Martín-Hernández. Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2010.

34. Abe, T. y Cols. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol.* 2006;100(5):1460-6pp
35. Nakajima, T. y Cols. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. *Int J Kaatsu Training Res.* 2006; 2:5-13pp.
36. Haruyasu Ohta, Hisashi Kurosawa, Hiroshi Ikeda, Yoshiyuki Iwase, Naohiro Satou and Shinji Nakamura. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Rev. Acta Orthop Scand . Vol 74.* 2003
37. Lascano E, Salazar E, Gutierrez P, Angeles A, Hernandez A, Viramontes J. Ensayos clínicos aleatorizados: variantes, métodos de aleatorización, análisis, consideraciones éticas y regulación. *Salud pública de México.* Vol.46, 2004.
38. Temas Estudios experimentales. Clasificación. (consulta el 15 de Octubre de 2012) Disponible en:  
<http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/estExper02.htm>.

39. Polit D, Hungler B. Investigación científica en ciencias de la salud. 4ª edición. México: Interamericana-McGraw-Hill, 1994: 477-82.
40. Temas: Estudios experimentales. El ensayo Clínico controlado. (consulta el 15 de Octubre de 2012) Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/Recursos/recepidem/estExper03.htm>
41. Alejandra Moreno-Altamirano, C.D., Sergio López-Moreno, Alexánder Corcho-Berdugo, Principales medidas en epidemiología. Rev salud pública de México. Vol 42, Julio 2000.
42. L Bellegia, E Juárez, A Braidot, R Puig and P Catalfamo Formento. Valoración cuantitativa del aumento de la fuerza muscular mediante un protocolo isométrico en pacientes con reconstrucción de LCA. XVIII Congreso Argentino de Bioingeniería SABI 2011