



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**CARRERA DE TERAPIA FÍSICA**

Tesis previa a la obtención del título de Licenciatura en Terapia Física

**TEMA:**

EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LASERTERAPIA Y EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO EN PACIENTES POST QUIRÚRGICOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOREN ETAPA INTERMEDIA DE REHABILITACIÓN QUE ACUDEN AL ÁREA DETERAPIA FÍSICA EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LACIUDAD DE IBARRA EN EL PERIODO 2013

**AUTORES:**

Pinto Pozo Oscar Marcelo

Rodríguez Rea Mishel Carolina

**TUTOR:**

Lcda: Daniela Alexandra Zurita Pinto

**IBARRA 2013**

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Ibarra, 28 de octubre del 2013**

Yo, Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto con cédula de identidad 1003019740 en calidad de **TUTORA DE LA TESIS** titulada **“EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LASERTERAPIA Y EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO EN PACIENTES POST QUIRÚRGICOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN ETAPA INTERMEDIA DE REHABILITACIÓN QUE ACUDEN AL ÁREA DE TERAPIA FÍSICA EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA EN EL PERIODO 2013”** de autoría de los señores. Egresados Oscar Marcelo Pinto Pozo con C.I.1003322078 y Mishel Carolina Rodríguez Rea con C.I. 100342153-2 determino que una vez revisada y corregida, está en condiciones de realizar su respectiva disertación y defensa.

Atentamente

**Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto**  
**CI. 1003019740**

## **AUTORÍA**

Nosotros, Oscar Marcelo Pinto Pozo y Mishel Carolina Rodríguez Rea declaramos bajo juramento que el presente trabajo es de nuestra autoría **“EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LASERTERAPIA Y EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO EN PACIENTES POST QUIRÚRGICOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN ETAPA INTERMEDIA DE REHABILITACIÓN QUE ACUDEN AL ÁREA DE TERAPIA FÍSICA EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL DE LA CIUDAD DE IBARRA EN EL PERIODO 2013”**y los resultados de la investigación son de nuestra total responsabilidad, además que no ha sido presentado previamente para ningún grado ni calificación profesional; y que he respetado las diferentes fuentes de información.

---

**Oscar Marcelo Pinto Pozo**

**CI.1003322078**

---

**Mishel Carolina Rodriguez Rea**

**CI 100342153-2**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento, dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>DE</b>	100342153-2	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Y</b>	RODRIGUEZ REA MISHEL CAROLINA	
<b>DIRECCIÓN:</b>		LOS CEIBOS. RIO DAULE 1-74 Y RIO CURARAY	
<b>E-MAIL:</b>		mishu_caro16@hotmail.com	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2956-192	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0984964407

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>DE</b>	1003322078	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Y</b>	PINTO POZO OSCAR MARCELO	
<b>DIRECCIÓN:</b>		CORINA PARRALES Y AV MARIANO ACOSTA	
<b>E-MAIL:</b>			
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2631-787	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0997752898

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LASERTERAPIA Y EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO EN PACIENTES POST QUIRÚRGICOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIORE EN ETAPA INTERMEDIA DE REHABILITACIÓN QUE ACUDEN AL ÁREA DE TERAPIA FÍSICA EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA EN EL PERIODO 2013
<b>AUTOR (ES):</b>	Mishel Rodríguez y Oscar Pinto
<b>FECHA:</b>	2013/11/12
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Licenciados en Terapia Física
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	Lcda. Daniela Zurita

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Mishel Rodríguez con cédula de ciudadanía N° 100342153-2 y yo Oscar Pinto con cédula de ciudadanía N° 100332207-8 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### 3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 2013/12/06

#### **Autores:**

.....

Misehl Carolina Rodríguez Rea  
C.I. 100342153-2

.....

Oscar Marcelo Pinto Pozo  
C.I 100332207-8

.....

**Nombre:** Lic. Betty Chávez  
**Cargo:** JEFE DE BIBLIOTECA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Mishel Carolina Rodríguez Rea con cédula de ciudadanía 100342153-2, y yo Oscar Marcelo Pinto Pozo manifiestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6 en calidad de autores del trabajo de grado denominado: **“EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LASERTERAPIA Y EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO EN PACIENTES POST QUIRÚRGICOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOREN ETAPA INTERMEDIA DE REHABILITACIÓN QUE ACUDEN AL ÁREA DE TERAPIA FÍSICA EN EL HOSPITAL SAN VICENTE DE PAÚL DE LA CIUDAD DE IBARRA EN EL PERIODO 2013”** que ha sido desarrollado para optar por el título de Licenciados en Terapia Física, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

.....  
Mishel Carolina Rodríguez Rea  
C.I. 100342153-2

.....  
Oscar Marcelo Pinto Pozo  
C.I. 100332207-8

## DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar más importante en mi vida, por demostrarme siempre su inmenso amor, cariño, comprensión y apoyo incondicional, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar y así poder obtener una carrera para mi futuro.

A mi familia por el apoyo que me brindan día a día, por ayudarme a crecer como persona en mis valores, mis principios, mi carácter.

A mi amigo y compañero Oscar Pinto porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.

Mishel Rodriguez

A mis padres, quienes con su apoyo y ejemplo me impulsan a conseguir objetivos.

Oscar Pinto



## **AGRADECIMIENTO**

A la “Universidad Técnica del Norte” la cual nos preparó y nos abrió las puertas para formarnos como profesionales íntegros en la sociedad, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

A nuestra tutora la Lic. Daniela Zurita que estuvo con nosotros a lo largo de este tiempo poniendo a prueba sus capacidades y conocimientos, corrigiéndonos en el desarrollo de la tesis como profesora y amiga.

Al Hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarray a su personal que nos permitieron realizar el proyecto de investigación dentro de esta prestigiosa institución.

A la Dra. Gladis Cisneros, al Lic. Luis Chipantasi, Lic. Iván Mejía que de la mano de sus conocimientos nos dieron la orientación, gracias por su motivación y apoyo, les debemos gran parte de nuestras enseñanzas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE APROBACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1 EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos .....	8
1.4.1 General.....	8
1.4.2 Específicos .....	8
1.5 Preguntas de Investigación .....	9
CAPITULO II.....	11
2 MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Teoría base .....	11
2.2 Teoría existente.....	16
2.2.1 Anatomía de Rodilla .....	16
2.2.2 Patología.....	22
2.2.3 Láser.....	32
2.2.4 Principio de funcionamiento de un equipo láser .....	33
2.2.5 Acondicionamiento Físico.....	56

2.2.6	Adaptaciones orgánicas en el ejercicio.....	58
2.3	Marco legal y jurídico .....	85
	CAPÍTULO III.....	89
3	METODOLOGÍA.....	89
3.1	Tipo de investigación.....	89
3.2	Diseño de investigación .....	90
3.3	Operacionalización de variables.....	90
3.4	Población y muestra.....	92
3.5	Métodos .....	93
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	93
3.7	Estrategias .....	94
3.8	Protocolo de tratamiento fisioterapeutico en lesion de ligamento cruzado anterior, basado en ejercicios de acondicionamiento físico y lasser terapia.....	95
3.9	Cronograma de actividades .....	100
	CAPÍTULO IV.....	101
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	101
4.1	Análisis e interpretación de resultados.....	101
4.1.1	Análisis de resultados aplicados a pacientes del Área de Terapia Física del Hospital San Vicente de Paúl .....	101
4.2	Discusión de Resultados.....	126
4.3	Respuestas A Las Preguntas De Investigación .....	129
4.4	Validación y Confiabilidad .....	136
5	CAPITULO V .....	137
5.1	Conclusiones .....	137
5.2	Recomendaciones .....	138
5.3	Glosario de términos.....	139
	Bibliografía.....	142
	ANEXOS.....	147
Anexo:	Ficha de evaluación .....	148

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Distribución por género de pacientes con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP .....	101
Tabla N° 2 Distribución de pacientes por grupos etarios con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP .....	103
Tabla N° 3 Distribución de los pacientes según la rodilla afectada con lesión del LCA.....	104
Tabla N° 4 Distribución de pacientes según actividad que realizan que acudieron al HSVP.....	105
Tabla N° 5 Distribución de pacientes según actividad implicada en la lesión que acudieron al HSVP .....	106
Tabla N° 6 Distribución de pacientes según el tiempo que llevan acudiendo al área de rehabilitación del HSVP .....	107
Tabla N° 7 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Pre tratamiento).....	108
Tabla N° 8 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Pre tratamiento).....	109
Tabla N° 9 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Pre tratamiento) ..	110
Tabla N° 10 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Pre tratamiento).....	111
Tabla N° 11 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Pre tratamiento).....	112
Tabla N° 12 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Pre tratamiento).....	113
Tabla N° 13 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Pre tratamiento) .....	114
Tabla N° 14 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Pre tratamiento).....	115
Tabla N° 15 Resultados Escala de Lysholm Test Pre Tratamiento.....	116

Tabla N° 16 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Post tratamiento).....	117
Tabla N° 17 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Post tratamiento) .....	118
Tabla N° 18 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Post tratamiento).....	119
Tabla N° 19 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Post tratamiento) .....	120
Tabla N° 20 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Post tratamiento) .....	121
Tabla N° 21 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Post tratamiento) .....	122
Tabla N° 22 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Post tratamiento).....	123
Tabla N° 23 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Post tratamiento) .....	124
Tabla N° 24 Resultados Escala de Lysholm Test Post Tratamiento .....	125

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Distribución por género de pacientes con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP .....	102
Gráfico N° 2 Distribución de los pacientes según la rodilla afectada con lesión del LCA.....	104
Gráfico N° 3 Distribución de pacientes según actividad que realizan que acudieron al HSVP.....	105
Gráfico N° 4 Distribución de pacientes según actividad implicada en la lesión que acudieron al HSVP .....	106
Gráfico N° 5 Distribución de pacientes según el tiempo que llevan acudiendo al área de rehabilitación del HSVP .....	107
Gráfico N° 6 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Pre tratamiento) .....	108
Gráfico N° 7 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Pre tratamiento) .....	109
Gráfico N° 8 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Pre tratamiento) ..	110
Gráfico N° 9 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Pre tratamiento).....	111
Gráfico N° 10 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Pre tratamiento).....	112
Gráfico N° 11 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Pre tratamiento).....	113
Gráfico N° 12 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Pre tratamiento) .....	114
Gráfico N° 13 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Pre tratamiento) .....	115
Gráfico N° 14 Resultados Escala de Lysholm Test Pre Tratamiento .....	116
Gráfico N° 15 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Post tratamiento).....	117

Gráfico N° 16 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Post tratamiento) .....	118
Gráfico N° 17 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Post tratamiento).....	119
Gráfico N° 18 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Post tratamiento) .....	120
Gráfico N° 19 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Post tratamiento) .....	121
Gráfico N° 20 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Post tratamiento) .....	122
Gráfico N° 21 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Post tratamiento).....	123
Gráfico N° 22 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Post tratamiento) .....	124
Gráfico N° 23 Resultados Escala de Lysholm Test Post Tratamiento .....	125

## RESUMEN

**Autores:** Oscar Marcelo Pozo Pinto

Mishel Carolina Rodríguez Rea

**Tutora:** Lcda: Daniela Alexandra Zurita Pinto

El presente trabajo de investigación fue obtenido debido a la dedicación de los autores, fundamentado en la ayuda a la ciudadanía, en este caso a los pacientes del HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL "IBARRA" con la lesión de Ligamento cruzado anterior.

El Objetivo fundamental de la investigación fue la aplicación de un protocolo fisioterapéutico basado en la combinación de láser y ejercicios de acondicionamiento para obtener resultados más veloces que un tratamiento convencional.

En la Metodología el tipo de investigación fue multimodal (cuantitativa-cualitativa) descriptiva y propositiva, el estudio fue de corte transversal y de diseño no experimental, la población estuvo conformada por 35 pacientes. Se empleó una encuesta estructurada pre y post-diagnóstica para recolectar los datos.

Los resultados en cuanto al género, el 83% son del sexo masculino y el 17% son de sexo femenino.

Los pacientes que llegaron al inicio del tratamiento con dolor al caminar, antes de aplicar el protocolo el 20% sufrían de un dolor constante y severo y luego del tratamiento el 80% no sienten dolor al caminar y ninguno refiere atrofia muscular.

La mejoría de los pacientes fue evidente teniendo así un 77% con discapacidad y después de aplicar el tratamiento, ningún paciente tiene discapacidad, de 0% a 6% pacientes que califican de bien a excelente, de 6% a 40% de regular a bien y con calificación regular de 17% a 29%, los resultados generales del tratamiento son confortadores lo que refiere que el protocolo de rehabilitación establecido en este estudio fue adecuado.



## SUMMARY

**Autores:** Oscar Marcelo Pozo Pinto

Mishel Carolina Rodríguez Rea

**Tutora:** Lcda: Daniela Alexandra Zurita Pinto

The present investigation was obtained due to the dedication of the authors , based on the public support , in this case patients HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL " IBARRA " with anterior cruciate ligament injury .

The fundamental objective of the research was the implementation of a physiotherapy protocol based on the combination of laser and conditioning exercises to get results faster than conventional treatment.

In the type of research methodology was multimodal ( quantitative and qualitative ) descriptive and purposeful , the study was cross-sectional and non-experimental design , the population consisted of 35 patients .

A structured questionnaire was used pre-and post- diagnostic to collect the data.

The results in terms of gender , 83% are male and 17% are female .

Patients who arrived at the beginning of treatment with pain while walking , before applying the 20 % protocol suffered from constant and severe pain after treatment and 80% did not feel any pain when walking and referred muscle atrophy.

The improvement of the patients was evident thus having a 77 % disabled and after applying the treatment , no patient has a disability , from 0 % to 6 % of patients who qualify good to excellent, from 6% to 40 % of regular well regular grade and 17 % to 29 % , the overall results of treatment are comforters it comes to rehabilitation protocol established in this study was adequate.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta investigación, es proponer y difundir un protocolo de rehabilitación post-operatoria para profesionales en Terapia Física en el tratamiento de pacientes intervenidos por insuficiencia del LCA, con la finalidad alcanzar eficacia en la aplicación de laserterapia y ejercicios de acondicionamiento físico en pacientes post quirúrgicos de ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación.

Para optimizar el tratamiento en la etapa intermedia de rehabilitación se aplicó una serie de ejercicios de acondicionamiento físico, combinados con laserterapia con el objetivo de disminuir el tiempo de rehabilitación y apresurar la reincorporación a las actividades normales, previas a la lesión.

En el primer capítulo presenta el problema de investigación basado en los antecedentes y la situación actual del mismo, en los que se encuentran los factores de incidencia, los objetivos y justificación que determina el estudio.

En el segundo capítulo se presenta la base teórica de la investigación resultado de la revisión bibliográfica más relevante y actual, la misma que sustenta al estudio y al análisis y discusión de resultados.

En el tercer capítulo se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, como tipo de estudio, diseño de la investigación, población o muestra, técnicas utilizadas para la recolección de datos y procesamiento de los mismos, como también las estrategias que se utilizaron para realizar este trabajo.

El cuarto capítulo contiene los resultados y el análisis datos obtenidos mediante aplicación de la encuesta, estos son debidamente organizados y presentados en tablas y gráficos estadísticos, para posteriormente realizar

su respectiva discusión. El quinto capítulo contiene conclusiones y recomendaciones a la investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Los ligamentos son bandas resistentes de tejido fibroso que unen dos huesos. El ligamento cruzado anterior (LCA) y el ligamento cruzado posterior (PCL) están dentro de la articulación de la rodilla.

Estos ligamentos conectan los huesos del muslo (fémur) y el hueso grande de la pierna (tibia) en la articulación de la rodilla. La ACL y PCL formar una "X" en el interior de la rodilla que estabiliza la rodilla contra las fuerzas de adelante hacia atrás o de atrás para adelante.

Una lesión es un esguince del ligamento cruzado anterior, en el que se rompe el ligamento o extendido más allá de su rango normal. En casi todos los casos, cuando el LCA se desgarrar, es casi siempre debido a lo menos uno de los siguientes patrones de lesión:

Una interrupción repentina, giro o cambio de dirección en la articulación de la rodilla - Estos movimientos de la rodilla es una parte rutinaria de fútbol, basquetbol, rugby, gimnasia y esquí. Por esta razón, los atletas que participan en estos deportes tienen un riesgo especialmente alto de rupturas del LCA.

Hiperextensión extrema de la rodilla. A veces, durante los saltos atléticos y aterrizajes, la rodilla se estira más de lo que debería y se extiende más allá de su rango normal de movimiento, provocando una ruptura del LCA. Este tipo de lesión del LCA con frecuencia se debe a un mal movimiento en la gimnasia o un aterrizaje torpe en el basquetbol.

El contacto directo - El LCA puede lesionarse durante deportes de contacto, por lo general durante el impacto directo al exterior de la rodilla o la pierna. Ejemplos de ello son: el impacto de un balón de fútbol de lleno en la zona, una falta de fútbol mal dirigido que afecta a la rodilla o una barrida con rudeza excesiva.<sup>1</sup>

Al igual que otros tipos de esguinces, lesiones del LCA está sometido al siguiente sistema de clasificación:

- Grado I - Una lesión leve que sólo provoca las lágrimas microscópicas en la ACL. A pesar de estos pequeños desgarros pueden estirar el ligamento a cabo de forma, que no afectan a la capacidad global de la articulación de la rodilla para soportar su peso
- Grado II - Una lesión moderada en la que el LCA es parcialmente roto. La rodilla puede ser algo inestable y puede recuperarse periódicamente al ponerse de pie o caminar
- Grado III - Una lesión grave en la que el LCA es completamente desprendido y la rodilla se siente muy inestable

En general, la mayoría de las lesiones del LCA son de grado III, y sólo del 10% al 28% son de grado I o grado II. En la actualidad, entre 100.000 y 250.000 lesiones ocurren cada año y afecta aproximadamente a uno de cada 3.000 estadounidenses.

---

<sup>1</sup> Roald Bahr, Sverre Maehlum. Lesiones deportivas: Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Editorial Médica Panamericana, 2007.

Aunque la mayoría de estas lesiones están relacionadas con actividades deportivas, sobre todo los deportes de contacto, alrededor del 75% se producen sin ningún contacto directo con otro jugador.

Las mujeres que practican deportes de contacto son siete veces más propensas a sufrir una lesión de este tipo que los hombres que practican deportes similares.

Hasta ahora, los expertos en medicina deportiva no han sido capaces de determinar el porqué de este hecho. Algunos investigadores creen que está relacionado con una ligera diferencia en la anatomía de la rodilla en hombres y mujeres.

Otros culpan a los efectos de las hormonas femeninas en los ligamentos del cuerpo. Sin embargo otros señalan a las diferencias entre hombres y mujeres en habilidades, formación, acondicionamiento e incluso calzado deportivo.<sup>2</sup>

- Duración prevista

Depende de la gravedad de su lesión, su programa de rehabilitación y los tipos de deportes que se practiquen. En la mayoría de los casos, la recuperación completa tarda de 4 a 12 meses.

- Pronóstico

Alrededor del 90% de los pacientes con lesiones del LCA se recuperan completamente, siempre y cuando sigan fielmente un buen programa de rehabilitación.

---

<sup>2</sup> Keith L. Moore, Anne M. R. Agur, Marion E. Moore. Anatomía con orientación clínica. 5ª ed. Editorial Médica Panamericana, 2007.

Como una complicación a largo plazo, algunos pacientes con grado III pueden llegar a desarrollar síntomas de la osteoartritis en la articulación de la rodilla lesionada.

Según un estudio, el 50% a 60% de los pacientes que sufrieron un severo esguince de ligamento cruzado anterior mostró, en pruebas de rayos X, señales de osteoartritis en la rodilla 5 años después de su lesión en el LCA.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuáles son los beneficios de la aplicación de laserterapia y ejercicios de acondicionamiento físico en pacientes post quirúrgicos de ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación que acuden al área de terapia física en el “Hospital San Vicente de Paúl” de la ciudad de Ibarra en el periodo 2013?

## **1.3 Justificación**

La rotura del ligamento cruzado anterior es una lesión frecuente en la actividad deportiva y recreacional. Prácticamente dos tercios de las lesiones del LCA tienen un origen deportivo afectando, por lo tanto, a una población joven y activa.

En muchos casos de rotura del ligamento cruzado anterior, el tiempo de rehabilitación se extiende demasiado y el paciente es tratado de una manera desordenada y sin tener claros los objetivos. Los pacientes no logran una óptima recuperación y quedan limitados para continuar con plena normalidad su vida deportiva, incluso quedan limitados en su marcha.

En los últimos tiempos la tendencia es hacia la rehabilitación más agresiva basado en conceptos racionales y científicos, con fundamentos biodinámicos y biológicos, y demostrada con la movilización inmediata, la descarga precoz del peso del cuerpo y la rápida práctica de ejercicios contra resistencia a diferencia de los largos y sacrificados programas de rehabilitación existentes hasta no hace mucho tiempo.

Por estos motivos nace la iniciativa de crear un tratamiento corto y eficaz basado en ejercicios de acondicionamiento físico, acompañados por los múltiples efectos terapéuticos de la laserterapia, todo esto para tratar la ruptura del ligamento cruzado anterior, posterior a una reparación quirúrgica y así reincorporar a los pacientes a sus actividades normales previas a la lesión, ya sean de recreación o de competencia.

Se elaboró una secuencia de ejercicios para la fase intermedia de rehabilitación, de acuerdo a las necesidades de la población. Se comenzara con ejercitación activa, que incluye el calentamiento, estiramientos, entrenamiento de la fuerza, el entrenamiento de la resistencia. Buscando reforzar grupos musculares específicos, y mejorar la condición física global a través de ejercicios básicos de acondicionamiento físico, con estos ejercicios también se busca entrenar la propiocepción.

El láser principalmente fue utilizado con fines analgésicos, de cicatrización y regeneración. Hablando en términos directos, las células de los tendones, músculos y ligamentos son reparados más rápidamente como resultado de la exposición a la terapia laser, los resultados se observan en 2/3 del tiempo que normalmente tomaría.

Entonces al aplicar laser en la investigación se ganó valioso tiempo y fue más beneficioso para el estado psicológico del paciente al alcanzar objetivos más rápido que con un tratamiento convencional.



Los resultados de ésta investigación fueron de mucha utilidad para los profesionales en terapia física a la hora de elegir una opción diferente de tratamiento para la muy común lesión del ligamento cruzado anterior. Pero sin lugar a duda los más beneficiados de esta investigación fueron el gran número de personas que acudieron al área de rehabilitación del hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra, con esta patología.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Verificar la eficacia de la aplicación de laserterapia y ejercicios de acondicionamiento físico en pacientes post quirúrgicos de ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación que acuden al área de terapia física en el “Hospital San Vicente de Paúl” de la ciudad de Ibarra en el periodo 2013

### **1.4.2 Específicos**

- Establecer un protocolo fisioterapéutico basado en la combinación de láser y ejercicios de acondicionamiento físico para el tratamiento post reparación del ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación.
- Evaluar la función del ligamento cruzado anterior en pacientes sometidos a una reparación quirúrgica basándose en el test de Lysholm.

- Determinar los beneficios del protocolo fisioterapéutico basado en la combinación del láser terapéutico y de ejercicio de acondicionamiento físico en la etapa intermedia de rehabilitación, para el tratamiento post reparación del ligamento cruzado anterior.

### **1.5 Preguntas de Investigación**

- ¿Cuál es el protocolo fisioterapéutico basado en la combinación de láser y ejercicios de acondicionamiento físico para el tratamiento post reparación del ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación?
- ¿Cómo evaluar la función del ligamento cruzado anterior en pacientes sometidos a una reparación quirúrgica basándose en el test de Lysholm?
- ¿Qué beneficios nos brindará la aplicación del protocolo fisioterapéutico basado en la combinación de laserterapia y de ejercicio de acondicionamiento físico en la etapa intermedia de rehabilitación, para el tratamiento post reparación del ligamento cruzado anterior?



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.6 Teoría base**

La articulación de la rodilla está formada por el extremo distal del fémur y el proximal de la tibia, interponiéndose entre ellos dos meniscos conjuntivos falciformes, uno externo (meniscus fibularis) y otro interno (meniscus tibialis). Encontrándose la rótula en su cara anterior.

Está vascularizada por cinco ramas de la arteria poplítea. Se estabiliza mediante un sistema ligamentario compuesto por los ligamentos cruzados (anterior y posterior) y los ligamentos laterales (medial y lateral).

La movilidad de la rodilla depende de un sistema muscular, que además contribuye a la estabilidad, compuesto por un grupo anterior (extensor), posterior (flexor), interno (aductor) y externo (abductor). Está envuelta por una cápsula articular con bolsas sinoviales para permitir acciones sin fricción, este movimiento es básicamente de flexión y extensión sobre el eje transversal, presentando un movimiento mínimo de rotación axial sobre el eje longitudinal, en este movimiento la amplitud de la rotación se logra sólo en flexión y es nula en extensión.

“Fisiológicamente, es posible realizar una ligera abducción o aducción con la tibia completamente extendida con respecto al fémur, la movilidad de la rodilla se controla mediante dos tipos de estructuras, unas activas

periarticulares que se realizan con los grupos musculares y otras pasivas con las formaciones capsuloligamentosas.<sup>3</sup>

La superficie articular del fémur tiene dos caras, rotuliana en su porción anterior y tibial en posición inferior. La cara rotuliana tiene forma de silla de montar y es asimétrica, siendo su cara externa más grande y convexa. Sobre esta superficie resbala la rótula (parte integral del mecanismo extensor de la rodilla).

La cara tibial del fémur, en una visión lateral, es aplanada en su superficie anterior y curvada en su carilla posteroexterna. Vista caudalmente está formada por dos cóndilos separados por un surco profundo en forma de U, la fosa intercondilea, profunda y ancha con tamaño similar al dedo pulgar.

La cara articular de la tibia, en proyección cráneo-caudal, presenta una superficie interna oval, más profunda y cóncava que la superficie externa que es más redonda. Las dos superficies se deslizan hacia arriba con tendencia a confluir en su centro y están separadas por la eminencia intercondilea formada por dos espinas óseas, anterior y posterior. Todas estas superficies articulares están recubiertas por un cartílago de 3 a 4 mm. de grosor.

### **1.6.1 Ligamento cruzado anterior**

El LCA (ligamentum decussatum anterius) transcurre de forma superior y posterior desde su origen tibial antero-interno, entre las inserciones anteriores de los dos meniscos, a su origen femoral en la cara interna del cóndilo femoral externo ofreciendo una amplia inserción no recubierta de cartílago.

---

<sup>3</sup> Oailliet, R. : "Dolor e incapacidad funcional de la rodilla". Ed: Ancora (Versión Española). 2011.

Tiene una longitud entre 3,7 cm. a 4,1 cm. con una extensión media de 3,9 cm. Está formado por dos grupos de fibras, antero-internas y postero-externas, que se tensan en la hiperextensión. Está poco vascularizado por la arteria articular media, fracasando la sutura cuando la ruptura asienta en el espesor del ligamento. La rotación interna produce un aumento de la tensión del mismo incluso cuando la rodilla se halla flexionada de 40° a 50°, punto en el que el ligamento está más relajado.

El LCA ha sido definido como estabilizador de la rodilla, controla el desplazamiento anterior de la tibia y su ausencia es más aparente cuando la rodilla está flexionada entre 20° y 30°; tiene un papel primario en la hiperextensión y secundario en el control varo-valgo y en la estabilidad rotacional de la rodilla.

Previene la rotación externa anormal estabilizando la rodilla en extensión, impide la hiperextensión y guía los cóndilos femorales hacia delante en la flexión.

“El LCA aparentemente protege los meniscos, existe una alta incidencia de lesiones meniscales al tiempo que se produce una lesión del LCA y son las lesiones meniscales una secuela común de dicha rotura”<sup>(4)</sup>; en el caso de la presencia de una lesión meniscal disminuye la estabilidad de la rodilla, altera la transmisión de la carga y contribuye a la aparición de artrosis en la rodilla.

### **1.6.2 Lesión del Ligamento Cruzado Anterior**

En la mayoría de los casos se debe a una lesión deportiva, son especialmente frecuentes en deportes de impacto en los que se sobrecargan

---

<sup>4</sup> Levinsohn, E. M.: “Evaluación diagnóstica Preartrotomía de la rodilla. Revisión de 100 casos diagnosticados por artrografía y la artroscopia”. A. U. R., 134: 107. 2010.

las rodillas con cambios bruscos de dirección o saltos: fútbol, esquí, baloncesto, entre otros. El mecanismo lesional suele asociarse a semiflexión, valgo y rotación externa de la articulación de la rodilla.

### 1.6.3 Láser

El ejemplo más común de la conversión de energía de luz en energía química es la fotosíntesis; donde las plantas manufacturan alimentos de carbono bióxido y agua. La energía solar es el artículo primordial en ese proceso. La acción de la Terapia Láser es bastante similar a la fotosíntesis en plantas. “Los fotones de luces de un Láser penetran profundamente en los tejidos y dan energía a la síntesis de adenosine triphosphate (ATP). ATP es la mayor molécula transportadora de energía desde un sitio de reacción hacia otro en todas las células vivas”<sup>(5)</sup>.

El aumento en ATP como resultado de la aplicación de la Terapia Láser es el incremento de energía disponible para las células; de esta manera las células pueden tomar nutrientes más rápidamente y librarse de los productos inservibles. Hablando en términos directos, las células de los tendones, ligamentos y músculos son reparados más rápidamente “como resultado de la exposición a la Terapia Láser. Qué tan rápido? Como regla, podemos decir que reduce el tiempo promedio de curación en 2/3 del tiempo que normalmente tomaría” <sup>(6)</sup>.

---

<sup>5</sup> Zeman, S. C.: “Lesión de rodilla agudo. Cómo determinar si la rodilla es estable”. Postgrado. Med., 76: 38-46.1984.

<sup>6</sup> Levy, I. M.; Torzilli, P. A.; Warren, R. F.: “El efecto de la meniscectomía medial en el movimiento anterior-posterior de la rodilla”. U. Bone Joint Surg., 64A: 883-888. 1982.

#### **1.6.4 Acondicionamiento Físico**

El acondicionamiento físico es la mejora de los factores que configuran la condición física del sujeto, generalmente asociada a las capacidades físicas; durante la realización de ejercicio físico participan prácticamente todos los sistemas y órganos del cuerpo humano. Así el sistema muscular es el efector de las órdenes motoras generadas en el sistema nervioso central, siendo la participación de otros sistemas (como el cardiovascular, pulmonar, endocrino, renal y otros) fundamental para el apoyo energético hacia el tejido muscular para mantener la actividad motora.

Las cualidades o capacidades físicas del ser humano son la resistencia, la fuerza, la flexibilidad y la velocidad. Todas ellas están interrelacionadas entre sí, y su desarrollo conlleva a un mejor acondicionamiento físico integral.

El ejercicio físico lo configuran aquellos movimientos que de una forma repetitiva activan los sistemas cardiovascular, neuromuscular, óseo, etcétera, obteniéndose la mejoría de éstos, en mayor o menor proporción, de acuerdo al trabajo e intensidad con que se realicen los mismos.

#### **Beneficios:**

- Aumento del volumen cardiaco: recibe y expulsa más sangre.
- Fortalecer las paredes del corazón.
- Disminuye la frecuencia cardiaca.
- Mejora la capacidad pulmonar.
- Activa el funcionamiento de órganos (hígado, riñones,...) para eliminar sustancias de desecho.
- Fortalece el sistema muscular.
- Activa el metabolismo.



## **1.7 Teoría existente**

### **1.7.1 Anatomía de Rodilla**

Se llama rodilla a la articulación central de los miembros posteriores o inferiores de los vertebrados, en el caso de la especie humana es la articulación central de los miembros inferiores.

La rodilla está formada por la unión de 2 importantes huesos, el fémur en su porción proximal, y la tibia en la porción distal.

- Dispone asimismo de un pequeño hueso, llamado rótula, que se articula con la porción anterior e inferior del fémur.
- Puede realizar principalmente movimientos de flexión y extensión.

Está rodeada por una cápsula articular y varios ligamentos que le dan estabilidad. En sus proximidades se insertan varios músculos que hacen posible el movimiento de la extremidad.

En el ser humano, la rodilla es la articulación más grande del cuerpo y una de las más complejas. Sirve de unión entre el muslo y la pierna. Soporta la mayor parte del peso del cuerpo en posición de pie.

Está compuesta por la acción conjunta de los huesos fémur, tibia, rótula y dos discos fibrocartilagosos que son los meniscos. Fémur y tibia conforman el cuerpo principal de la articulación, mientras que la rótula actúa como una polea y sirve de inserción al tendón de los músculos del cuádriceps y al tendón rotuliano cuya función es transmitir la fuerza generada cuando se contrae el cuádriceps.

La rodilla está sustentada por fuertes ligamentos que impiden que sufra una luxación, siendo los más importantes el ligamento lateral externo, el ligamento lateral interno, el ligamento cruzado anterior y el ligamento cruzado posterior.

Es una articulación compuesta que está formada por dos articulaciones diferentes:

- Articulación femorotibial: Es la más importante y pone en contacto las superficies de los cóndilos femorales con la tibia. Es una articulación bicondilea (con dos cóndilos)
- Articulación femoropatelar: Esta formada por la tróclea femoral y la parte posterior de la rótula. Es una diartrosis del género troclear.

El principal movimiento que realiza es de flexoextensión, aunque posee una pequeña capacidad de rotación cuando se encuentra en flexión. En los humanos es vulnerable a lesiones graves por traumatismos, muy frecuentemente ocurridos durante el desarrollo de actividades deportivas. También es habitual la existencia de artrosis que puede ser muy incapacitante y precisar una intervención quirúrgica.

#### **1.7.1.1 Elementos óseos**

El extremo inferior del fémur presenta dos protuberancias redondeadas llamadas cóndilos que están separadas por un espacio intermedio que se denomina espacio intercondileo.

Por su parte el extremo superior de la tibia posee dos cavidades, las cavidades glenoideas, que sirven para albergar a los cóndilos del fémur. Entre las dos cavidades glenoideas se encuentran unas prominencias, las

espinas tibiales, en las que se insertan los ligamentos cruzados. En la parte anterior de la tibia existe otro saliente, la tuberosidad anterior que sirve de inserción al tendón rotuliano.

Por otra parte la rótula se articula en su porción posterior con una parte del fémur que se llama tróclea femoral. Entre ambas superficies se interpone un cartílago, el cartílago prerotuliano que amortigua la presión entre los dos huesos.

### **1.7.1.2 Partes Blandas**

Los elementos que dan estabilidad a la articulación de la rodilla son: las estructuras cápsulo - ligamentosas, los músculos y los meniscos.

#### **1.7.1.2.1 Meniscos**

Son dos fibrocartílagos que no poseen vasos sanguíneos ni terminaciones nerviosas, por lo que al lesionarse no se siente dolor agudo pero si molestia en la zona. Están dispuestos entre la tibia y el fémur y hacen de nexo entre estos, pues las cavidades glenoidales de la tibia son poco cóncavas mientras los cóndilos femorales presentan una convexidad más acentuada.

También son encargados de agregar estabilidad articular al controlar los deslizamientos laterales de los cóndilos y de transmitir uniformemente el peso corporal a la tibia. Los meniscos disminuyen su grosor de fuera a dentro, el exterior tiene forma de "O" y el interno de "C" o "media luna".

La cara superior de estos es cóncava y la inferior plana”. Se adhieren a la cápsula articular por su circunferencia externa mientras la interna queda libre. Ambos meniscos quedan unidos entre sí por el ligamento yugal.

### **Cápsula articular**

La articulación está envuelta por una cápsula fibrosa que forma un espacio cerrado en el que se alberga la extremidad inferior del fémur, la rótula y la porción superior de la tibia. La cubierta interna de esta cápsula es la membrana sinovial que produce el líquido sinovial.

El líquido sinovial baña la articulación, reduce la fricción entre las superficies en contacto durante los movimientos y cumple funciones de nutrición y defensa.

### **Ligamentos**

La rodilla está sustentada por varios ligamentos que le dan estabilidad y evitan movimientos excesivos. Los ligamentos que están en el interior de la cápsula articular se llaman intra articulares o intracapsulares, entre los que se encuentra el ligamento cruzado anterior y el ligamento cruzado posterior. Por otra parte los ligamentos que están por fuera de la cápsula articular se llaman extra articulares o extra capsulares como el ligamento lateral interno y el ligamento lateral externo.

#### **Ligamentos Intra articulares**

- Ligamento cruzado anterior (LCA).
- Ligamento cruzado posterior (LCP).

- Ligamento yugal o ligamento transverso. Une los meniscos por su lado anterior.
- Ligamento meniscofemoral anterior o Ligamento de Humphrey. Del menisco externo al cóndilo interno del fémur.
- Ligamento meniscofemoral posterior o Ligamento de Wrisberg. Del menisco externo al cóndilo interno del fémur, por detrás del meniscofemoral anterior.

## **Ligamentos Extra articulares**

### **Cara anterior**

- Ligamento rotuliano que une la rótula a la tibia.

### **Cara posterior**

- Ligamento poplíteo oblicuo. Une el cóndilo externo del fémur con el margen de la cabeza de la tibia en la rodilla.
- Ligamento poplíteo arqueado o tendón recurrente. Une el tendón del músculo semimembranoso al cóndilo externo del fémur.

### **Cara interna**

- Ligamento alar rotuliano interno. Une el borde de la rótula al cóndilo interno del fémur.
- Ligamento menisco rotuliano interno. Une la rótula al menisco interno.
- Ligamento lateral interno o ligamento colateral tibial.

### **Cara externa**

- Ligamento alar rotuliano externo. Une el borde de la rótula al condilo externo del fémur.
- Ligamento menisco rotuliano externo. Une la rótula al menisco externo.
- Ligamento lateral externo o ligamento colateral peroneo.

### 1.7.1.2.2 Musculatura

A continuación se expone la lista de los músculos que actúan sobre la rodilla. Hay que tener en cuenta que algunos de ellos intervienen en varios movimientos por lo que se reseñan dos veces, por ejemplo el músculo sartorio que puede contribuir al movimiento de flexión y al de rotación interna.

**Músculos flexores.** Se sitúan en la parte posterior del muslo.

- Isquiotibiales
  - Bíceps femoral.
  - Músculo semimembranoso.
  - Músculo semitendinoso.
  
- Accesorios
  - Músculo poplíteo. Está situado en la porción posterior de la rodilla, debajo de los gemelos.
  - Músculo sartorio. Se encuentra en la parte anterior del muslo y lo cruza en diagonal.

**Músculos extensores.** Están situados en la parte anterior del muslo.

- Cuádriceps. Está compuesto por cuatro músculos:
  - Recto femoral
  - Vasto medial
  - Vasto lateral
  - Vasto intermedio

### **Músculos que producen rotación externa**

- Tensor de la fascia lata
- Bíceps femoral

### **Músculos que producen rotación interna**

- Sartorio
- Semitendinoso
- Semimembranoso
- Recto interno
- Poplíteo

## **1.7.2 Patología**

### **1.7.2.1 Lesión de ligamentos cruzados**

Son muy frecuentes en deportes como lucha, baloncesto, natación, rugby, fútbol, fútbol americano, esquí, voleibol, hockey, tenis y otros que implican gran tensión de la articulación. Las estructuras que más frecuentemente se afectan son los meniscos, ligamentos laterales y ligamentos cruzados. En ocasiones se producen lesiones combinadas, como en la llamada triada de O' Donoghue o triada desgraciada que esta constituida por la rotura o desgarro de los ligamentos cruzado anterior, el ligamento lateral interno y el menisco medial.

Antes de la llegada de la artroscopia, la cirugía artroscópica y la resonancia magnética nuclear, el diagnóstico era más difícil y las

intervenciones quirúrgicas que se realizaban para el tratamiento de estas lesiones tenían una recuperación más lenta. Con las técnicas actuales, estos pacientes se recuperan con más rapidez y pueden practicar algún deporte en unos pocos meses si no surgen complicaciones.

La rotura del ligamento cruzado anterior es una lesión frecuente que puede producirse durante la actividad deportiva por giros enérgicos de la rodilla en los que el pie permanece en fuerte contacto con el suelo. El mecanismo lesional suele asociarse a semiflexión, valgo y rotación externa de la articulación de la rodilla. En el momento en que se sufre esta lesión suele sentirse dolor intenso y una sensación de chasquido. El ligamento cruzado anterior sirve en condiciones normales de freno para un movimiento anterior excesivo de la tibia con respecto al fémur, el médico puede realizarse pruebas exploratorias como la Prueba del cajón y la Prueba de Lachman que si son positivas hace probable este diagnóstico que se confirma mediante técnicas de resonancia magnética o artroscopia.

El ligamento cruzado posterior impide que la tibia se desplace hacia atrás en relación con el fémur. Se lesiona con menor frecuencia que el ligamento cruzado anterior. El mecanismo de rotura suele consistir en un impacto directo sobre la parte anterior de la rodilla cuando ésta se encuentra en situación de flexión. Es frecuente que esta lesión se asocie a rotura de menisco.

#### **1.7.2.2 Lesión del ligamento cruzado anterior**

El LCA es un ligamento que parte desde la zona anterior de la tibia y va en forma oblicua, ubicándose en la zona posterior del cóndilo femoral lateral. Tiene dos fascículos, que se denominan anteromedial y posterolateral. Estos dos forman en conjunto una unidad que es el ligamento cruzado y que tiene básicamente dos funciones:



- Evita el desplazamiento anterior de la tibia en relación al fémur y apoya la estabilidad de rotación de la rodilla.
- El fascículo anteromedial es el estabilizador de la traslación anterior de la tibia y el posterolateral es el estabilizador rotacional.
- El conjunto entre ambos permite la función que tiene el LCA.

### **Mecanismo de Rotura**

Habitualmente hay una mezcla de situaciones que llevan a la rotura del LCA:

- Un cambio brusco en la dirección de la rodilla al desacelerar bruscamente, por ejemplo al caer y apoyar mal la extremidad después de un salto, o bien al pararse bruscamente después de correr.
- Las mujeres tienen una mayor propensión a lesionarse el LCA dadas sus características anatómicas: mayor laxitud articular, pelvis más ancha que condiciona una rotación externa de la tibia, que es donde se aloja el LCA en la rodilla.

En ocasiones, el LCA presenta rupturas parciales, pero lo más frecuente es que se rompan ambos fascículos.

### **Clasificación**

Más o menos la mitad de todas las lesiones del ligamento cruzado anterior ocurren con daño a otras estructuras de la rodilla, como el cartílago articular, el menisco u otros ligamentos.

Los ligamentos lesionados se consideran "esguinces" y se clasifican según una escala de severidad.

**Esguinces grado 1.** El ligamento es dañado levemente en un esguince grado 1. Se ha estirado ligeramente, pero aún es capaz de ayudar a mantener estable la articulación de la rodilla.

**Esguinces grado 2.** Un esguince grado 2 estira el ligamento al punto donde queda suelto. Con frecuencia se lo llama un desgarro parcial del ligamento.

**Esguinces grado 3.** A este tipo de esguince más comúnmente se lo llama un desgarro completo del ligamento. El ligamento ha sido dividido en dos pedazos y la articulación de la rodilla es inestable.

Los desgarros parciales del ligamento cruzado anterior son raros; la mayoría de las lesiones del ACL son desgarros completos o casi completos.

“En general, la mayoría de las lesiones del LCA son de grado III, y sólo del 10% al 28% son de grado I o grado II. En la actualidad, entre 100.000 y 250.000 lesiones ocurren cada año y afecta aproximadamente a uno de cada 3.000 personas” (<sup>7</sup>). Aunque la mayoría de estas lesiones están relacionadas con actividades deportivas, sobre todo los deportes de contacto, alrededor del 75% se producen sin ningún contacto directo con otro jugador.

Las mujeres que practican deportes de contacto son siete veces más propensas a sufrir una lesión de este tipo que los hombres que practican deportes similares. Hasta ahora, los expertos en medicina deportiva no han sido capaces de determinar el porqué de este hecho. Algunos investigadores creen que está relacionado con una ligera diferencia en la anatomía de la

---

<sup>7</sup> Zeman, 5. C.: “Lesión de rodilla agudo. Cómo determinar si la rodilla es estable”. Postgrad. Med., 76: 38-46.1984.

rodilla en hombres y mujeres. Otros culpan a los efectos de las hormonas femeninas en los ligamentos del cuerpo. Sin embargo otros señalan a las diferencias entre hombres y mujeres en habilidades, formación, acondicionamiento e incluso calzado deportivo.

## **Causa**

El ligamento cruzado anterior puede lesionarse de varias maneras:

- Cambiando rápidamente de dirección
- Deteniéndose súbitamente
- Desacelerando mientras se corre
- Aterrizando incorrectamente de un salto
- Accidentes automovilísticos y caídas
- Deportes de contacto, como fútbol, básquetbol y hockey.

Varios estudios han demostrado que las mujeres atletas tienen una incidencia mayor de lesiones del ACL que los hombres atletas en determinados deportes. Se ha sugerido que se debe a diferencias en el estado físico, la fortaleza muscular y el control neuromuscular. Otras causas sugeridas incluyen diferencias en la alineación de la pelvis y extremidad inferior (pierna), mayor holgura en los ligamentos, y efectos de los estrógenos en las propiedades de los ligamentos.

## **Síntomas**

Cuando su LCA sufre una lesión, se puede oír un crujido, chasquido o rasgadura.

Se puede presentar una hinchazón o dolor súbitos en su rodilla, también puede sentir que su rodilla se descompone, estos problemas pueden aumentar durante una actividad pesada.

Una lesión prolongada del LCA puede hacer que su rodilla se vuelva más inestable, aún durante las actividades normales.

También es posible que usted camine de una manera inusual, como caminar con la pierna recta.

Dolor con inflamación. En las siguientes 24 horas, su rodilla se hinchará. Sin tratamiento, la hinchazón y el dolor podrían resolverse por sí solos. Sin embargo, si usted intenta retomar los deportes, su rodilla probablemente estará inestable y usted se arriesga a sufrir daños adicionales al cartílago que acolcha su rodilla (menisco).

- Pérdida del rango completo de movimiento
- Dolor a la presión a lo largo de la línea articular
- Incomodidad al caminar

### **Examen médico**

Los médicos pueden chequear la función de su LCA al mover su rodilla, pierna o pie, en diferentes direcciones. Se le pide al paciente que se ponga en cuclillas o que de saltos con la pierna lesionada. Si estas actividades le producen dolor, es posible que tenga una lesión en el LCA, Tanto la rodilla sana como la lesionada, pueden necesitar un chequeo para buscar algún movimiento anormal.

## **Radiografías (rayos X)**

Las radiografías son imágenes de los huesos y tejidos de la articulación de su rodilla. Una articulación es el sitio donde se encuentra un hueso con otro. Los rayos X no pueden mostrar la lesión del LCA, pero pueden mostrar otros problemas, como fracturas (huesos rotos) o artritis. Es posible que le inyecten un medio de contraste en la articulación. Este medio de contraste ayudará a que su articulación pueda verse mejor en las radiografías. Cuando usan un medio de contraste para tomar una radiografía de su articulación, se conoce como artrograma o artrografía. Usted puede necesitar que le tomen más de una radiografía de su articulación.

## **Imágenes por resonancia magnética**

Este examen también se conoce con la sigla IRM, durante este examen, toman imágenes del interior de su rodilla. Esta resonancia magnética puede ser usada para mirar los desgarres causados en el LCA o para chequear otras lesiones.

## **Artroscopia**

Es posible que los médicos necesiten mirar el interior de su rodilla para buscar los signos de una lesión en el LCA. Los médicos harán una pequeña incisión (corte) en su rodilla y, a través de ella, insertarán un artroscopio. Este dispositivo es un tubo largo equipado con un lente de aumento, una cámara y una luz en el extremo.

## **Tratamiento**

El tratamiento para un desgarro de ACL variará según las necesidades individuales del paciente. Por ejemplo, lo más probable es que el joven atleta que realiza deportes de agilidad requiera cirugía para retomar los deportes de manera segura. Las personas menos activas, generalmente de más edad, podría regresar a un estilo de vida más sedentario sin someterse a una cirugía.

### **Tratamiento no quirúrgico**

Un ACL desgarrado no cicatrizará sin cirugía. Pero el tratamiento no quirúrgico podría ser efectivo para pacientes ancianos o que tienen un nivel de actividad muy bajo. Si la estabilidad global de la rodilla está intacta, su médico podría recomendar opciones simples no quirúrgicas.

### **Elementos ortopédicos/ inmovilizadores**

El médico podría recomendarle una rodillera ortopédica para proteger su rodilla de la inestabilidad. Para proteger adicionalmente a su rodilla, tal vez le den muletas para evitar que su pierna apoye el peso.

Terapia física. A medida que la hinchazón baja, se comienza un programa cuidadoso de rehabilitación. Ejercicios específicos restablecerán la función de su rodilla y fortalecerán los músculos de la pierna que sostienen la rodilla.

## **Tratamiento quirúrgico**

Reconstrucción del ligamento. La mayoría de los desgarros del ACL no pueden volver a unirse con sutura (puntadas). Para reparar quirúrgicamente el ACL y restablecer la estabilidad de la rodilla, el ligamento debe ser reconstruido. Su médico reemplazará su ligamento desgarrado con un injerto de tejido. Este injerto actúa como un andamio que dará apoyo al crecimiento del nuevo ligamento.

Los injertos pueden obtenerse de varias fuentes. A menudo se toman del tendón de la rótula, que corre entre la rótula y la tibia. Los tendones de la corva en la parte posterior del muslo son una fuente común de injertos. A veces se usa un tendón del cuádriceps, que corre de la rótula al interior del muslo. Finalmente, puede usarse injerto de cadáver (aloinjerto).

Hay ventajas y desventajas en todas las fuentes de injertos. Usted debería discutir las opciones de injerto con su cirujano ortopédico para ayudar a determinar cuál es la mejor para usted.

Toma tiempo para que el tejido vuelva a crecer, por lo que podrían pasar seis meses o más antes que un atleta pueda retomar los deportes después de la cirugía.

Procedimiento. La cirugía para reconstruir un ligamento cruzado anterior se hace con un artroscopio usando pequeñas incisiones. La cirugía artroscópica es menos invasiva. Los beneficios de las técnicas menos invasivas incluyen menos dolor de la cirugía, menos estadía en el hospital, y tiempos de recuperación más rápidos.

A menos que la reconstrucción del ACL sea el tratamiento para una lesión combinada de ligamentos, por lo general no se hace inmediatamente. Esta demora da una oportunidad para resolver la inflamación, y permite un

regreso del movimiento antes de la cirugía. Es importante destacar que realizar una reconstrucción del ACL muy precoz aumenta mucho el riesgo de artrofibrosis, o la formación de cicatriz en la articulación, lo que arriesgaría una pérdida del movimiento de la rodilla

## **Rehabilitación**

En cualquiera de los dos casos, tratamiento con cirugía o sin cirugía, la rehabilitación juega un papel fundamental para retomar sus actividades diarias. Un programa de terapia física lo ayudará a recuperar la fuerza y el movimiento de la rodilla.

Si usted tiene cirugía, la terapia física se concentra primero en restablecer el movimiento de la articulación y los músculos que la rodean. Esto es seguido de un programa de fortalecimiento diseñado para proteger al nuevo ligamento. Este fortalecimiento gradualmente aumenta la tensión a través del ligamento. La fase final de la rehabilitación apunta a un retorno funcional que se adapte al deporte del atleta.

## **Movimientos**

La articulación tibiofemoral permite dos tipos de movimientos: flexión-extensión y rotación. El movimiento principal es el de flexión y extensión que sobrepasa los 130°, mientras que el de rotación es muy limitado y únicamente puede realizarse en posición de flexión.

Partiendo de la posición de reposo, cuando el muslo y la pierna se prolongan entre sí en línea recta que correspondería a 0°, la flexión activa de la pierna alcanza por término medio 130°; pero el límite máximo de la



amplitud de ese movimiento puede aumentarse tomando el pie con una mano.

La articulación posee una gran estabilidad en extensión completa, posición en la que la rodilla soporta todo el peso del cuerpo. A partir de cierto ángulo de flexión, es posible el movimiento de rotación, muy importante en la carrera para lograr la orientación adecuada del pie en relación a las irregularidades del terreno.

### **1.7.3 Láser**

#### **Elementos históricos acerca de la luz láser**

La luz láser, término derivado de las siglas Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, es una creación moderna, aunque desde el siglo XIX varios escritores del género novela-aventura-científica dieron rienda suelta a su imaginación con rayos potentes creados y controlados por el hombre.

En su creación fueron importantes los estudios realizados por: “Max Planck (Nobel 1917), quien en 1900 introduce el concepto de “fotón” o paquete de energía luminosa; Bohr (Nobel 1922), quien en 1913 fundamenta la emisión espontánea de energía (fotón) o la absorción espontánea, y Einstein, quién en 1917 anuncia la existencia de otro tipo de emisión fotónica denominada emisión inducida o estimulada” (<sup>8</sup>).

Las teorías de estos científicos y la nueva mecánica cuántica, crearon las bases del efecto láser. No fue posible hasta 1960, que se reunieran las condiciones objetivas para que surgiera la luz láser.

---

<sup>8</sup>Zati A., Valent A., Laser terapia in medicina, In: Terapia Fisica, Nuove Tecnologie in Medicina Riabilitativa, Edizioni Minerva Medica, Torino 2006; Cap.7, p. 135-85.

“Este agente físico nació de la mano de Maiman, quien construyó el primer láser (másér óptico de rubí, por entonces)”.<sup>(9)</sup>

#### **1.7.4 Principio de funcionamiento de un equipo láser**

##### **Absorción y emisión espontánea de radiación**

El átomo tiende, de acuerdo con la regla general de la naturaleza, a permanecer en estado fundamental de mínima energía y constituye un sistema estable.

Cuando existe un aporte externo de energía, alguno de sus electrones puede absorberla y alcanzar una órbita superior, con lo que el átomo adquiere un nivel de energía superior. Esto es lo que se conoce como estado de excitación. Pero este estado de excitación no se mantiene en el tiempo, por lo que el átomo tendrá la tendencia espontánea a liberar energía para regresar a su estado de normal estabilidad y equilibrio.

Los procesos de absorción y emisión espontánea de energía por parte de los átomos ocurren constantemente en la naturaleza. Sin embargo, existen átomos mucho más fáciles de excitar, mientras otros se comportan de manera muy estable.

Para excitar un átomo se debe provocar un desplazamiento de sus electrones a órbitas o niveles de mayor energía, suministrándole la energía necesaria para realizar el salto. El suministro de energía puede ser en forma de energía térmica, cinética o electromagnética.

---

<sup>9</sup>Centro Documentación Láser «La práctica aplicada en la terapéutica Láser». Gráficas Canigó. Mallorca Barcelona, 2011

## Clasificación de los equipos de láser

Existe diversidad de equipos de láser, cuya clasificación facilita el estudio de estos. La clasificación puede abarcar elementos tan generales como el tipo de uso. En este sentido, están los láseres que se utilizan en diferentes industrias y láseres que se utilizan en medicina. A continuación se expondrán los elementos más importantes que se consideran para clasificar los láseres, específicamente los que se utilizan en las ramas médicas.

### 1. Según el tipo de medio activo:

#### a) Gaseoso:

- Atómicos, como el helio neón (HeNe).
- Moleculares (como el de CO<sub>2</sub>).
- Iónicos (como el de argón).

b) Sólido. De estructura cristalina dielectroscópica, diodo a semiconductores.

c) Líquido. Láser de colorante.

d) De plasma.

2. Según la banda del espectro electromagnético en que se emite. Se les denomina por la longitud de onda específica; de esta manera, se le puede decir "láser de 670 nm", pero a este mismo láser se le puede decir "láser rojo", mientras otro equipo emite un "láser de 904 nm", al cual se le puede llamar, también, "láser infrarrojo".

3. Según su nivel de potencia. Existen fundamentalmente dos grupos, los de alta potencia, y los de baja potencia. Por muchos años se ha considerado el límite entre uno y otro a nivel de los 700 mW a 1 W. Esta cifra está fundamentalmente referida a la potencia que llega al tejido, ya que gracias al aprovechamiento del pulso, se pueden utilizar láseres de mucho más de 1 W de potencia pico o de salida.
  
4. Según sus efectos biológicos:
  - a. Láseres, cuyos efectos tienen origen en fenómenos fotoquímicos, o fotobiológicos. Este tipo de láser es el que se utiliza fundamentalmente en fisioterapia, y coincide con el llamado láser de baja potencia del punto anterior.
  
  - b. b) Láseres que tienen un efecto directamente mediado por calor. En dependencia de la magnitud de este, pueden tener un efecto ablactivo o un efecto coagulador de proteínas, etc. Este tipo de láser es el que se utiliza fundamentalmente en las especialidades quirúrgicas.

### **Características de los tipos de láser**

A continuación se expondrán algunas de las cualidades de los láseres, que más empleo tienen en el ámbito médico.

#### **Láser gaseoso**

Se trata de un tubo cilíndrico, hermético y alargado, que contiene el gas o mezcla de gases. El tubo, en sus extremos, posee sendos espejos paralelos entre sí, con el fin de conseguir reflexiones infinitas de los rayos.

Uno de los espejos presenta en su centro una pequeña zona del 5 al 20 % de semitransparencia. El tubo soporta dos electrodos destinados a aplicar descargas eléctricas sobre los gases para ionizarlos o estimularlos. Posee un generador y un amplificador de impulsos eléctricos de alto voltaje, que están destinados a excitar o ionizar al gas. Los impulsos eléctricos, producto de la descarga de alto voltaje a la mezcla de gases, hacen que los electrones salten de su órbita y formen los fotones de luz. Los fotones toman sentido paralelo a la longitud del tubo y son reflejados, repetidas veces, por los espejos y se obtiene una amplificación luminosa. Por el centro del espejo, saldrá un pequeño haz de luz.

### **Láser helio-neón (He-Ne)**

Fue el primero que se aplicó en fisioterapia, en los años 70's del pasado siglo. Se genera en un tubo o cámara con mezcla de gas helio y gas neón. Tiene una longitud de onda de 632,8 nm (633), en la banda visible de luz roja. El haz tiene una divergencia mínima (menos de 3 mrad). Emerge en la forma de haz paralelo, colimado y muy fino, sin pérdida de la potencia a la distancia.

Es un láser de emisión continua y la potencia emitida es la eficaz (puede hacerse pulsado). Su potencia en emisión constante llega hasta 15 mW en los equipos de consola y hasta 30 mW en los cañones con espejos. Se absorbe muy pronto y la penetración directa con rayo coherente es de 0,8 mm en las partes blandas; la indirecta, ya con rayo difuso, puede llegar hasta 10 a 15 mm. Sus efectos se apoyan en transformaciones bioquímicas y síntesis de aminoácidos y cadenas proteínicas, en las que se requiere el aporte de luz visible.

## **Láser de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

Procede de la mezcla de ambos gases, por lo que el sistema de producción se realiza por la metodología del cañón con tubo de gas. Emerge en forma de haz paralelo, colimado y muy fino, sin pérdida de potencia con la distancia. “Se emite en la banda de los infrarrojos con una longitud de onda entre 905 y 1 006 nm. Para su control visible se le superpone, como guía, otro haz de He-Ne. Es de emisión continua y puede hacerse pulsado. Las sesiones para fisioterapia deben ser cortas; son buenas las potencias de 0,1 a 10 W. Siempre deben aplicarse en barridos de toda una superficie (pues en un punto provocan quemadura)”<sup>10</sup>.

Es un láser muy potente, absorbido intensamente por el agua de los tejidos, que puede llegar a destruir o volatilizar el tejido, por lo que con potencias elevadas tiene utilidad en cirugía y oncología.

En fisioterapia solo se puede aplicar en forma desenfocada y a baja frecuencia. La penetración es solo de 10 mm, lo que es útil en cirugía, pero inadecuado para fisioterapia. Sus efectos se apoyan en el aporte energético que la electroquímica del organismo requiere para acelerar su metabolismo energético y de síntesis.

## **Características de la luz láser**

Todo este desarrollo de la ciencia, la técnica y la tecnología permite crear una luz, al estimular y amplificar la radiación, con características que la hacen muy diferente a la luz que conocemos de manera ordinaria. Es muy importante para los rehabilitadores conocer las particularidades de la luz láser, que son: coherencia, monocromaticidad, direccionalidad y brillantez.

---

<sup>10</sup> Herd RM, Dover JS, Arndt KA. Principios Básicos del Láser. Dermatol-Clin. 2007 Jul; 15(3):355-72

## **Coherencia**

A partir de que el haz de luz que se obtiene está formado solo por fotones que viajan o se desplazan en el mismo plano, se considera que sus fotones están “en fase” y es, por tanto, una luz polarizada o coherente. La luz convencional emite fotones que se desplazan en diferentes fases, se trata de una luz no coherente y por esto pueden ser utilizadas para iluminar un local. Por el contrario, el láser puede servir solo para concentrar la luz solo en un punto determinado y a una distancia determinada.

## **Monocromaticidad**

Al constituir una emisión de fotones “idénticos” que viajan en fase, queda definida una longitud de onda específica para la radiación. Esta es una diferencia muy significativa en relación con la luz convencional. Como la emisión queda reducida a una longitud de onda específica, entonces le corresponde un lugar, también específico, dentro del espectro electromagnético.

Por ejemplo, la emisión de un láser de He-Ne tiene una longitud de onda de 632,8 nm. Como todos los fotones emitidos se desplazan con esta longitud de onda, lo que se observa como resultante es una luz rojo-naranja, que es el color que le corresponde a esa longitud de onda dentro del espectro electromagnético. Nunca se obtendrá con un láser de He-Ne una luz verde, porque siempre su emisión será en la longitud de onda señalada anteriormente. De este modo, como a cada láser le corresponde una longitud de onda específica, se puede afirmar que el láser es una luz monocromática. Por supuesto, si se tiene una emisión de un láser diodo de 904 nm, no se podrá ver (queda en la región infrarroja del espectro), no obstante, también se considera monocromática.

Si se compara la emisión, entre un láser He-Ne y una lámpara infrarroja, la diferencia fundamental está en la monocromaticidad del láser, o en el hecho de tener una sola longitud de onda, o de ser una luz de tipo coherente. Por su parte, la lámpara infrarroja emite radiación en una amplia gama de longitudes de onda. Si se comienza por las que corresponden a la región roja del espectro y en la medida que aumenta la intensidad, se incorporan longitudes de onda mayores, hasta llegar al infrarrojo lejano. Para el ojo humano, la lámpara va a emitir una luz roja parecida a la del láser, por lo que no nos vamos a percatar del resto de las longitudes de onda que emite. Esta diferencia en el ámbito físico, tiene una repercusión muy significativa en el ámbito biológico, como se verá posteriormente.

### **Direccionalidad**

Otra de las diferencias en relación con la luz convencional es que el haz láser tiene poca divergencia; quiere decir que al salir del cabezal, es capaz de mantenerse con un área más o menos regular en una distancia muy superior a la de un haz de luz.

Por ejemplo, cuando una linterna se enciende en una noche oscura, se observa inmediatamente que el haz de luz se abre (haz divergente) a la salida de la pantalla, para iluminar una amplia área, también se percibe que, en la medida que se aleja del foco de emisión, la intensidad disminuye significativamente. Por el contrario, cuando en un salón de conferencia el profesor utiliza un puntero con el que se emite un pequeño haz de luz roja, que le ayuda a señalar en la pantalla, incluso desde una distancia considerable, se pone en evidencia que el haz de luz láser (del puntero) es direccional.



Otro ejemplo de direccionalidad se observa en una película de acción, donde utilizan armas con “mira láser” que apuntan a un objetivo, con un pequeño punto rojo desde distancias considerables.

La mayor parte de los láseres son direccionales, pero algunos, como el láser infrarrojo de 904 nm, tienen mayor divergencia; por esto muchos de los equipos se deben acercar directamente sobre la piel.

## **Brillantez**

Los láseres que emiten dentro del espectro visible tienen la característica de producir una luz muy brillante. Esto se puede deber a una combinación de factores físicos, como son la posibilidad de emitir en color muy bien definido o monocromaticidad, la concentración del haz por la poca divergencia, además de la intensidad de la emisión concentrada en un área de spot (área de salida) muy pequeña.

### **1.7.4.1 Efectos biológicos de la laserterapia de baja potencia**

En el caso del láser, desde el punto de vista fotobiológico y como resultado de todo lo anteriormente expuesto, se producen fundamentalmente tres efectos primarios, cuyas características dependen directamente de los parámetros de irradiación. <sup>(11)</sup> Estos efectos primarios son:

- Efecto bioquímico.
- Efecto bioeléctrico.
- Efecto bioenergético.

---

<sup>11</sup>Reinisch-L. Laser la física y las interacciones de tejidos. Otolaryngol-Clin-North-Am. 2006 Dec; 29(6):893-914.

Efecto bioquímico. Se estimula la liberación de sustancias vasoactivas, la modulación de la actividad enzimática, la producción de ATP con variaciones de los niveles de AMPc, así como un bloqueo de la acción de prostaglandinas; se plantean cambios en la velocidad de síntesis de ARN y ADN, que se relacionan con un incremento de la división celular.

Se produce liberación de betaendorfinas y regulación de la síntesis de colágeno que luego repercute en su capacidad de remodelar la cicatrización y en la regeneración de tejido conjuntivo. Se describe una elevación de los niveles de succinato deshidrogenasa en los tejidos irradiados. Se liberan una serie de mediadores químicos, entre los que se encuentran diferentes sustancias eutacoides y aminas vasoactivas (histamina y serotonina), proteasas plasmáticas (sistema de las quininas, bradiquinina y kalicreína, sistema del complemento y sistema fibrinolítico), se modifican los niveles de productos del metabolismo, como son el ácido araquidónico, vía ciclooxigenasa, endoperóxidos, prostaglandinas y tromboxano. Además se liberan constituyentes lisosómicos (proteasas neutras), radicales libres derivados del oxígeno y fosfolípidos-alquil-acetilados, todos vinculados al proceso fisiopatológico.

Efecto bioeléctrico. Se plantea una estabilización del potencial de membrana (dada por variaciones en la movilidad iónica, y “aumento del ATP intracelular), se produce una estimulación de la bomba Na-K, con hiperpolarización de la membrana celular” (12). Sobre este acápito, se evaluó hace algunos años, el valor del carácter pulsado y la acción específica de determinadas frecuencias en las membranas de las células nerviosas, de algunos tipos de láser. Este concepto se ha refutado por la efectividad de modernos láseres de emisión continua.

---

<sup>12</sup> Lipper G., Anderson R.: Láser en dermatología. In I. Freedberg A., Eisen K., Wolff K., Austen L., Goldsmith S., Katz (eds), Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine, 2003

De este modo, ha prevalecido la importancia de determinadas longitudes de onda que tienen una acción específica sobre las membranas biológicas, específicamente en las células del sistema nervioso.

Efecto bioenergético. Se planteó desde épocas tan tempranas como el año 1923, en que un científico (Gurvich) postuló que existía un lenguaje intercelular que va más allá de la estructura anatómica y se establecía en un nivel energético superpuesto a esta estructura.

Años más tarde, Inyushin, de la escuela soviética, propuso, basado en estos y otros experimentos, la teoría del bioplasma y describió una estructura funcional energética sobre la estructura morfológica conocida de la célula, este nivel energético donde actúa la irradiación y de esta manera se explican los efectos biológicos del láser.

#### **1.7.4.2 Efectoterapéuticos del láser de baja potencia**

A partir de la combinación de los efectos primarios, se logra una estimulación circulatoria y antiedematosa, denominada por algunos autores, como los efectos indirectos.

De esta manera, se propician las condiciones para producir los efectos generales o la influencia terapéutica fundamental del láser de baja potencia, <sup>(13)</sup>estos son:

- Acción trófica y regeneración hística.
- Acción antiinflamatoria.
- Acción analgésica.

---

<sup>13</sup>Herd RM, Dover JS, Arndt KA. Principios Básicos del Laser. Dermatol-Clin. 2007 Jul; 15(3):355-72.

## **Acción trófica y regeneración hística**

La acción trófica del láser de baja potencia es su principal atributo. “Contribuyen a este efecto, el aumento de la circulación periférica y del número de polimorfonucleares, activación fagocitaria, activación de la función mitocondrial, aumento en los niveles de ATP mitocondrial, síntesis activa de ARN y producción de ADN”; además, la modulación de la actividad enzimática, incremento en el número y actividad de “los lisosomas (más autólisis), estimulación de la mitosis y aumento de la celularidad (neovascularización y granulación), regulación de la fibrillogénesis por los fibroblastos y, por último, mayor calidad del proceso de cicatrización”.<sup>(14)</sup> Estudios experimentales en cultivo de células describen que cuando se irradia con láser de baja potencia en pequeñas dosis, se estimula de manera significativa la proliferación celular, “a partir de la activación de los ADN y la síntesis proteica. Igualmente se ha comprobado un incremento de la enzima succinil-dehidrogenasa, cuya actividad está íntimamente relacionada con la síntesis proteica”.<sup>(15)</sup>

Se ha logrado la activación de ADN precolágeno, así como la dilatación de los retículos endoplasmáticos de las células. Además de esto, el aumento en el número de mitocondrias sugiere la gran actividad celular dedicada a la síntesis de colágeno.

El colágeno es la sustancia fundamental para el soporte en cualquier tipo de tejido, es imprescindible para conformar la arquitectura hística en un proceso de cicatrización.

“La formación acelerada de fibras colágenas y elásticas, inducida por el láser de baja potencia, es capaz de estimular, incluso, la regeneración de

---

<sup>14</sup> Korolev IuN, Zagorskaia NZ. El efecto de la radiación láser infrarrojo de diferentes frecuencias en la curación de heridas de la piel. Vopr-Kurortol-Fizioter-Lech-Fiz-Kult. 2006 May-Jun (3):8-10.

<sup>15</sup> Karu TMecanismos moleculares de el efecto terapéutico de la radiación láser de baja intensidad. Laser Life Sci 2008; 2:53-74.

estructuras complejas como un tendón”, (<sup>16</sup>)después de una tenotomía. Se ha demostrado que el láser puede estimular la capacidad de diferenciación celular a favor de las necesidades del tejido, de esta forma se logra que los fibroblastos se transformen en miofibroblastos.

Esta “producción de proteína colágena y su distribución en forma guiada y organizada, permite la cicatrización de las heridas en un tiempo menor que el fisiológico y plantea la posibilidad de una cicatrización sin escaras hipertróficas o queloides”. (<sup>17</sup>)

“Por la acción del láser sobre las células del endotelio vascular, se incrementa la actividad mitótica y se producen aceleradamente yemas o brotes de los vasos existentes, lo que modula la neoformación de microcapilares”. (<sup>18</sup>)

Paralelamente, el láser de baja potencia estimula la proliferación de células osteoblásticas e incrementa la capacidad reparativa del tejido óseo en vivo. Se ha demostrado, además, que en fracturas de fémur irradiadas con láser de baja potencia, la expresión de fosfatasa alcalina se incrementa comparada con un grupo control no irradiado.

“En este sentido, también se ha comprobado la aceleración en la mineralización del callo óseo, cuando se utiliza este tipo de radiación. Se plantea que este efecto bioestimulativo para la mineralización, puede estar dado por la fotobioactivación y, secundariamente, por la fotoacústica generada por los láseres pulsados”. (<sup>19</sup>)

---

<sup>16</sup> Enwemeka ChS, Cohen-Kornberg E, Duswalt EP, Weber DM, Rodriguez IM. Efectos bioquímicos de tres períodos diferentes de fotoestimulación con laser en tendon. *Laser Ther* 2004; 6:181-8.

<sup>17</sup> Rigan J, Trelles MA. Sun ChH, Berns MW Influencia de los bajos niveles de incidencia de la energía láser en el comportamiento de los fibroblastos humanos in vivo e in vitro. *Laser Ther* 2004; 6:11.

<sup>18</sup> Agaiby A.D., Ghali L.R., Wilson R., and Dyson M., Modulación del laser de la producción del factor angiogénico por los linfocitos T, *Laser Surg. Med.* 2000; 26:357-63.

<sup>19</sup> Kameya T, Ide S, Acorda JA, Yamada H, Taguchi H, Abe N. Efecto de diferentes longitudes de onda de la terapia láser de baja intensidad en la cicatrización de heridas en ratones. *Laser Ther* 2005; 7:33-6.

## **Acción antiinflamatoria**

La influencia del láser de baja potencia en el proceso inflamatorio es otro de los efectos más estudiados. Incluso es posible afirmar que gran parte de su capacidad analgésica depende del control local de la situación inflamatoria y el edema intersticial.

Se asocia una influencia de apertura circulatoria en el sitio de lesión que favorece el recambio, la llegada de O<sub>2</sub>, nutrientes y otros elementos, a la vez que estimula el drenaje y la salida de material de desecho del metabolismo celular.

“Se producen cambios en la presión hidrostática del capilar, reabsorción del edema y eliminación de catabolitos de desecho (fundamentalmente ácido láctico y ácido pirúvico)”<sup>(20)</sup>. Se describe un incremento de la actividad fagocitaria, ya sea por células nativas como por células mesenquimales derivadas a macrófagos, como también por las células importadas vía sangre a través de factores quimiotácticos.

Los efectos no solo se pueden evidenciar a nivel local, sino que es posible encontrar efectos sistémicos, por ejemplo, un aumento de liberación de hormonas hipofisarias, “con un incremento de liberación de cortisol. Se ha logrado comprobar mediante tomografía de emisión monofotónica, la correlación entre la mejoría clínica e imagenológica, en pacientes con procesos inflamatorios articulares graves”.<sup>(21)</sup>

---

<sup>20</sup> Brosseau L, Welch V, Wells G, deBie R, Gam A, Harman K, Morin M, Shea B, Tugwell P. Terapia con láser de baja intensidad (Clases I, II y III) para el tratamiento de la osteoartritis de base de datos Cochrane de revisiones sistemáticas [electronic resource] [Cochrane Database Syst Rev] 2003; (3), AB002046.

<sup>21</sup> Reinisch-L. Física de láser y las interacciones tisulares. Otolaryngol-Clin-North-Am. 2006 Dec; 29(6):893-914.

El efecto directo más estudiado en su influencia antiinflamatoria ha sido su gran capacidad para estimular la degranulación del mastocito y desencadenar la liberación de mediadores de la respuesta inflamatoria.

### **Acción analgésica**

Como se dijo anteriormente un gran aporte a la capacidad analgésica del láser lo brindan sus efectos antiinflamatorios. Dentro de los efectos analgésicos conseguidos por el láser, se describen algunos con influencia central y otros de actuación más periférica. Se plantea una estimulación por vía reflexógena de la formación de péptidos endógenos y acción sobre receptores opiáceos del asta anterior de la médula espinal.

“Se regula la información sensitiva por inhibición de liberación de sustancia "P". Existe una reorientación de lipoproteínas y una activación de la bomba Na-K a nivel de las membranas, que produce hiperpolarización de las células nerviosas” <sup>(22)</sup>. Esto provoca una estabilización de los potenciales de las membranas celulares y subcelulares.

“Al final se asocian la reducción de la inflamación local y la disminución del efecto algido de las bradiquininas, con un aumento del umbral doloroso de las neuronas comprometidas con el área en cuestión”. <sup>(23)</sup>

En la figura N° 1 se resumen las posibilidades de influencia que tiene el láser de baja potencia para contribuir en el objetivo de la curación, cicatrización o regeneración. Se describen al menos cinco vías que pueden ayudar en este propósito, una vez que se decide trabajar con el láser. (Ver anexos)

---

<sup>22</sup> Al-Watban FAH, Zhang Z. Respuesta de curación de heridas dosimetría relacionada con el modelo de láser helio neón LL LT. *Láser Ther* 2004; 6:119-24.

<sup>23</sup> Saito S, Shimizu N. Efectos estimulantes de la irradiación láser de baja potencia en la regeneración ósea en la sutura media palatina. *Am-J-Orthod-Dentofacial-Orthop*. 2007 May; 111(5):525-32.

Por una parte, el láser produce una vasodilatación y, por ende, una apertura circulatoria, esta provoca un aumento del drenaje linfático, imprescindible para sacar material de desecho del tejido y da lugar a la recuperación de la presión osmótica, con lo cual se arrastra líquido hacia el interior del vaso y disminuye el edema intersticial. En segundo lugar, hay una liberación de mediadores químicos e influencia sobre “las prostaglandinas PGG, PDE y PGH2, con lo cual se contribuye al efecto antiinflamatorio” (24).

En tercer lugar, se muestra el efecto del láser al disminuir la liberación de sustancia “P” en la médula y lograr la liberación de endorfinas, elementos que contribuyen luego a modular las señales de estrés del tejido lesionado.

Por último, se activa un mecanismo de origen bioquímico que contribuye a cargar energéticamente la célula. Se repolariza la membrana e incrementa el umbral de dolor. Al mismo tiempo, estimula el retículo endoplásmico y el metabolismo, e incrementa la síntesis de colágeno a nivel de los fibroblastos. Estos son solo algunos de los ejemplos que se pudieran esquematizar de los procesos por los cuales el láser estimula la regeneración hística.

#### **1.7.4.3 Indicaciones y contraindicaciones para aplicación del láser de baja potencia**

En la práctica médica se deben conocer los efectos biológicos, las contraindicaciones y la metodología de aplicación de los diferentes agentes físicos, es lo que realmente define las posibles indicaciones terapéuticas. No obstante, se describe un grupo de indicaciones, de las cuales unas son más tributarias de la laserterapia que otras. Un consejo oportuno puede ser, tener en cuenta que por sus características físicas, el láser de baja potencia es un agente fisioterapéutico con mejores resultados en la atención de procesos

---

<sup>24</sup> Casey KL, Beydoun A, Boivie J, y cols. Láser-potenciales evocados cerebrales y la función sensorial en los pacientes con dolor central. dolor. 2006 Mar; 64(3):485-91.



agudos que procesos crónicos. “De la misma forma, es más efectivo en el tratamiento de procesos superficiales que profundos. En esencia, es más efectivo en la misma medida que pueda tener un mejor grado de contacto con el tejido lesionado”.<sup>(25)</sup>

**Aparato osteomioarticular.** El láser se utiliza para el tratamiento de lesiones articulares inflamatorias agudas y crónicas, “ya sean de causa traumática o degenerativa. Por ejemplo, la sinovitis, osteoartritis, osteoartrosis, osteocondritis y disfunción de la ATM e incluso en la hemartrosis”<sup>(26)</sup>.

### **Contraindicaciones**

En la actualidad, solo se acepta como contraindicación "absoluta", la incidencia directa del haz de luz láser en la retina. No obstante, si se tienen todas las medidas de protección, son amplias las intervenciones posibles en el área facial.

Excepto esta limitación, son contraindicaciones relativas las siguientes:

- Hematoma reciente.
- Presencia de marcapasos.
- Procesos agudos infecciosos.
- Presencia de procesos neoplásicos.
- Cardiopatías en etapas de descompensación.
- Hipertiroidismo.

---

<sup>25</sup> Rioja JT. Electroterapia y electrodiagnóstico. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Valladolid. D.L. 2003. p. 3-45.

<sup>26</sup> Berkerman H. Y cols. La eficacia de la terapia con láser para la piel Trastornos musculoesqueléticos y un meta-análisis de estudios aleatorizados basado en criterios. Los ensayos clínicos. Phys Ther 2002; (72):483-91.

- Embarazo.
- Epilepsia.
- Antecedentes de fotosensibilidad.

Realmente si se analiza el amplio espectro de posibilidades terapéuticas según diagnósticos, con el escaso número de señalamientos en cuanto a contraindicaciones, es un privilegio el contar con un medio terapéutico tan noble y poco invasor.

#### **1.7.4.4 Metodología del tratamiento para la laserterapia**

“La capacidad de lograr el efecto terapéutico deseado con un láser depende de la buena elección de los parámetros intrínsecos del láser, como longitud de onda, densidad de energía, irradiación, tamaño del spot y anchura de pulso”.<sup>(27)</sup>

La aplicación se puede realizar en forma directa o indirecta. En el primer caso se utiliza el haz láser tal y como sale de su resonador, sin que ningún elemento module sus características.

En el segundo caso, se modulan las características del haz con diferentes elementos que facilitan las aplicaciones: fibras ópticas, lentes, espejos, sistema de scanner o barrido, sistema de scanner puntual, puntal o puntero. Todos estos aditamentos permiten conducir, dirigir y transformar las características de la luz, para llevarla al sitio de lesión. De esta manera, garantizan una explotación eficiente y segura de los equipos.

---

<sup>27</sup> Robledo H., Principios generales de la luz láser en la cirugía cutánea y su interacción tisular, Cirugía Española 2001. Volumen 69 - Número 05 p. 486-9.

En cuanto a metodología de tratamiento es necesario primero, tener en cuenta sobre "qué estructura" o tejido se dirigirá la irradiación. De esta forma se pueden realizar:

- Aplicación local (directamente sobre la lesión, como ocurre en dermatología).
- Aplicación regional (se trata la lesión dentro de la región, pero no directamente sobre esta, como en el sistema osteomioarticular).
- Aplicación general (cuando se abordan vías reflexógenas que tienen una repercusión sistémica, como con la laserpuntura o el reflexoláser).
- Aplicación intracavitaria (se refiere a aplicaciones en las cavidades vasculares, digestivas, respiratorias, etc.)

Una vez analizado esto, es necesario tener en cuenta la forma o el "cómo" se hará la intervención; de este modo puede ser:

- Aplicación puntual. Se establece una dosis en cada depósito puntual. Se hace un recorrido punto a punto de la estructura o la zona lesionada. Este tipo de aplicación garantiza la máxima densidad energética. La distancia entre un punto y otro, no debe ser mayor que 2 cm.
- Aplicación zonal. Dosis de tipo desfocalizada, se aleja el cabezal, para producir una inducción en el tejido, no debe aplicarse como única forma de tratamiento por no garantizar una adecuada densidad energética.
- Aplicación por pincelado. Se establece al realizar un recorrido lento, y muy cerca de la lesión, utilizado en várices, heridas y estrías.

Dentro de los principios del manejo terapéutico del láser de baja potencia, un acápite imprescindible es el cuidado y preparación de la zona. Una gran parte de los fracasos clínicos de esta terapia recae, en el descuido

de estos principios. Resulta fundamental eliminar toda posible barrera, que pueda interferir para que la luz llegue al tejido viable, así:

- Se debe realizar una limpieza escrupulosa de la zona.
- Realizar un buen desengrasado de la piel.
- No se debe aplicar sustancias previas, que puedan bloquear o absorber la irradiación.
- Mantener, en la medida de lo posible, la per-pendicularidad de la fibra o puntal.

#### **1.7.4.5 Tratamiento con láser de baja potencia en las articulaciones**

Para el tratamiento de lesiones articulares, hay que dejar los depósitos puntuales, en los sitios de proyección de las estructuras específicas lesionadas. Para esto es necesario acomodar la articulación en una posición donde queden expuestas esas estructuras. Es fácil aplicar el láser en una articulación metacarpofalángica, sin embargo cuando se quiere irradiar la inserción del supraespinoso, esta queda enmascarada por el acromion. Entonces es necesario poner el hombro del paciente en rotación interna del brazo, con la mano en la espalda, y de esta manera queda expuesto el tubérculo mayor del húmero por delante del acromion. Se deben atender los "puntos gatillos" relacionados con el cuadro clínico.

Afecciones de columna vertebral. En el caso de la columna vertebral, el principio puede ser el mismo. Es importante localizar puntos dolorosos a nivel de procesos óseos y tratar "puntos gatillo"; debe evaluarse la columna como un solo órgano y puede ser muy útil un sistema scanner puntual.

#### 1.7.4.6 Dosimetría con láser de baja potencia

A pesar de que la aplicación del láser dentro de la medicina data de casi 30 años, recientemente ha comenzado un debate en cuanto a una dosimetría. Al respecto; puede decirse que “a mediados de los años 80s, solo se le brindaba valor real al tiempo de tratamiento total de la lesión; posteriormente se han introducido en el análisis otros parámetros como son el valor de la potencia de emisión y el valor del área de superficie a tratar”.<sup>(28)</sup> Luego, con la combinación de estos parámetros se empiezan a manejar conceptos esenciales sobre los cuales todavía hay autores en desacuerdo.

La densidad de energía es un parámetro que tiene un valor trascendental, ya que cuantifica la energía suministrada al paciente, con base en el área de superficie. Además, aporta al médico el dato exacto de su eficacia, de este modo, da valor científico a la laserterapia, la hace reproducible, y permite el establecimiento de normas de carácter dosimétrico para un trabajo, objetivo clínico e investigativo.

Realmente, la potencia de un equipo láser solo orienta la capacidad del láser para suministrar energía, sin embargo, la densidad de energía (De) tiene mucho más valor desde el punto de vista médico y práctico, ya que es un parámetro en el cual se relaciona la energía que se suministra, con el área de tejido a tratar.

$$\text{Densidad de Energía (De)} = \text{Energía (E)} / \text{Superficie de Spot (Ss)}$$

Si se sabe que Energía (Joule) = Potencia (W) x tiempo (seg), entonces queda:

---

<sup>28</sup> Bogoliubov VM, Zubkov SM Los medios para la optimización de los parámetros de exposición fisioterapéuticos. Vopr-Kurortol-Fizioter-Lech-Fiz-Kult. 2008 Mar-Apr (2):3-6.

De (J/cm<sup>2</sup>)= Potencia (W) x Tiempo (s) / Superficie de Spot (cm<sup>2</sup>)

La superficie del spot habitualmente es suministrada por el fabricante (spot).

De este modo, la potencia de emisión (P), se relaciona con el tiempo (t) de exposición, así como con el área de superficie de spot (Ss); este último término es derivado del área de acción específica del láser, según el diámetro de la fibra óptica utilizada, o sea el área que puede ocupar el haz láser, una vez que sale del cabezal de emisión.

También, la potencia de emisión constituye un dato conocido, pues lo ofrece el fabricante, así como el área de superficie del spot de salida. Entonces aparece la incógnita de ¿qué tiempo se necesita para alcanzar una densidad de energía determinada? Por lo que la fórmula queda:

Tiempo (s) = DeJ/cm<sup>2</sup> x SuperficieSpot(cm<sup>2</sup>) / Potencia (W)

Con esta última fórmula se realizan, en la práctica, todos los cálculos de dosimetría, y se confeccionan las tablas para tratamientos. De esta forma, al inicio de la adquisición de un equipo, se hace la tabla de trabajo y esto facilita, de manera significativa, la explotación terapéutica del equipo.

En el caso de láseres de emisión continua, el cálculo es relativamente más fácil; esto se complica algo cuando se trabaja con un láser de emisión pulsada, ya que el equipo tiene una potencia pico (Pp), y hay que calcular la potencia media (Pm) que es la que se utiliza en la fórmula anterior.

$P_m = P_p (W) \times \text{Duración del impulso (ns)} \times \text{Frecuencia (Hz)}$

En la práctica clínica la densidad de energía no es un parámetro que se calcula, sino que es aportado por la experiencia de los especialistas.

En este sentido y luego de la revisión de la literatura, se han logrado definir rangos de dosis propuestas por los diferentes autores para conseguir el efecto terapéutico deseado; no quiere esto decir que no se pueda exceder de la dosis propuesta, sino que no es necesaria una dosis mayor para conseguir los resultados, lo cual ahorra entre otros aspectos, el tiempo de sesión.

Para conseguir el efecto trófico regenerador, habitualmente se trabaja con una dosis entre 6 y 10 J/cm<sup>2</sup>. En el caso del efecto antiinflamatorio, se emplean dosis entre 6 y 15 J/cm<sup>2</sup>. Por su parte, para el efecto analgésico se utilizan dosis entre 2 y 8 J/cm<sup>2</sup>.

Se pueden mencionar otros criterios en cuanto a la dosis, por ejemplo, Zauner propone dosis entre 5 y 8 J/cm<sup>2</sup> para todos los procesos. Por su parte, Bahn propone no sobrepasar los 7 J/cm<sup>2</sup>; Endre Mester es más conservador y propone no sobrepasar de 4 ó 6 J/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, el profesor Rodríguez Martín, propone densidades energéticas entre 20 y 25 J/cm<sup>2</sup>.

No está, de ninguna manera, completo este análisis, si no se tiene en cuenta diferentes factores de tipo clínico, imprescindibles para llevar a cabo un tratamiento eficiente y científico. Estos factores permiten analizar los diferentes rangos terapéuticos que se proponen para este tipo de agente: edad, tipo de piel, zona lesionada, tipo de tejido a tratar, profundidad, extensión, fase evolutiva de la enfermedad, entre otros.

Número y frecuencias de las sesiones. No hay una norma definida en la cual coincidan 100 % de los autores; existen elementos que fundamentan la aplicación de 10 sesiones (diarias), al menos las primeras 2 semanas, y luego llevarla a 20 sesiones, hasta completar al menos 1 mes de tratamiento.

#### **1.7.4.7 Precauciones y medidas de seguridad para la laserterapia**

Acerca de este tema se ha discutido mucho en la literatura, lo cierto es que, a medida que avanzan las investigaciones, se reducen las precauciones que tienen que ver con el manejo del láser de baja potencia. No obstante, se proponen las siguientes: <sup>(29)</sup>

- Evitar la irradiación a los ojos, aunque sea de manera accidental y por un instante, debido al posible daño a nivel de la retina.
- No se debe hacer incidir el haz en objetos o superficies pulidas, donde pueda reflejarse y que al final pueda llegar a los ojos.
- Se debe garantizar un color mate para el local de tratamiento.
- Debe existir una buena iluminación. Primero para propiciar la contracción pupilar, segundo, para poder observar bien las reacciones de la piel con el tratamiento.
- El local debe contar con un buen sistema de ventilación. El sudor impide la absorción adecuada del haz.
- Es necesario realizar la desinfección de accesorios luego del tratamiento.
- Mantener el equipo conectado a tierra, para evitar accidentes eléctricos.
- Debe hacerse un control periódico del personal que trabaja en esta área (visión y piel). Nunca se ha reportado daño, pero es una norma que debe mantenerse.
- Señalizar los locales donde se aplica la radiación

---

29 Dotson RM. Neurofisiología Clínica pruebas de laboratorio para evaluar el sistema nociceptivo en los seres humanos. J-Clin-Neurophysiol. 2007 Jan; 14(1):32-45.



#### **1.7.4.8 Clasificación de los láseres para su uso y seguridad**

Clase I. Se consideran no peligrosos para el organismo todos los láseres invisibles con una potencia media de salida de 1 mW o menos, láseres de As-Ga con una longitud de onda entre 820 y 910 nm.

Clase II. Son peligrosos solo si se mantiene la mirada fija sobre la fuente de luz. Incluye los láseres de He-Ne (visibles) con una potencia media de salida de hasta 5 mW.

Clase III. Son aquellos que pueden provocar lesión en la retina durante el tiempo normal de reacción. Tanto el paciente como el operador deben emplear espejuelos especiales protectores. Incluye los láseres de potencia media de salida entre 5 y 50 mW.

Clase IV (láser de alta potencia). Presenta un riesgo elevado de lesión, pueden producir combustión de materiales, inflamación, reflexión difusa con daños a los ojos y la piel por exposición directa.

#### **1.7.5 Acondicionamiento Físico**

Acondicionar es un verbo que hace referencia a los intentos por disponer ciertas cosas o factores de una manera para alcanzar una determinada condición. El acondicionamiento, por lo tanto, es dicho procedimiento o las consecuencias de la disposición en cuestión.

La física, por su parte, es una ciencia dedicada al análisis de las propiedades naturales que se encarga de estudiar la materia, la energía y el tiempo. Como adjetivo, física o físico refieren a aquello vinculado con el cuerpo.

Estas definiciones nos ayudan a entender la noción de acondicionamiento físico, que se asocia a la preparación atlética de una persona. Puede decirse que el acondicionamiento físico es el estado de un individuo en lo referente a sus capacidades deportivas.

El acondicionamiento, en este caso, consiste en preparar al cuerpo para que esté en buenas condiciones y sea apto para la práctica de un deporte. Más allá de la intención competitiva, el acondicionamiento físico contribuye a mejorar la salud y el bienestar del sujeto.

Si se trata de un deportista profesional, el acondicionamiento físico buscará que la persona incremente su resistencia al cansancio, fortalezca sus músculos, gane velocidad y tenga mayor flexibilidad, entre otras habilidades.

El acondicionamiento físico también incluye las actividades de calentamiento que preparan a la musculatura para la práctica deportiva. Esto quiere decir que, antes de realizar actividad física, debemos estirar los músculos y mover las articulaciones para evitar lesiones cuando hagamos esfuerzos.

Es importante destacar que, sin el acondicionamiento físico adecuado, ningún deportista puede destacarse en la alta competencia. El talento no suele alcanzar cuando alguien compite en inferioridad de condiciones físicas.

#### **1.7.5.1 Fisiología Del Ejercicio**

Durante la realización de ejercicio físico participan prácticamente todos los sistemas y órganos del cuerpo humano. Así el sistema muscular es el efector de las órdenes motoras generadas en el sistema nervioso central, siendo la participación de otros sistemas (como el cardiovascular, pulmonar,

endocrino, renal y otros) fundamental para el apoyo energético hacia el tejido muscular para mantener la actividad motora.

Las respuestas fisiológicas inmediatas al ejercicio son cambios súbitos y transitorios que se dan en la función de un determinado órgano o sistema o bien los cambios funcionales que se producen durante la realización del ejercicio y desaparecen inmediatamente cuando finaliza la actividad.

Si el ejercicio persiste en frecuencia y duración a lo largo del tiempo, se van a producir adaptaciones en los sistemas del organismo que facilitarán las respuestas fisiológicas cuando se realiza la actividad física nuevamente.

La fisiología del ejercicio es el estudio de la adaptación crónica, estática y aguda del amplio rango de condiciones que optimizan el ejercicio físico. Cuando se estudia el efecto del ejercicio, se ven los efectos patológicos de este, viendo si se reduce o se reversa la progresión de una enfermedad. El ejercicio físico es una actividad que desarrollan todos los seres humanos, en distinto grado, durante su existencia. Como fundamento de su conocimiento y significado es necesario conocer los mecanismos fisiológicos que le sirven de base.<sup>30</sup>

### **1.7.6 Adaptaciones orgánicas en el ejercicio**

Durante el ejercicio se producen modificaciones adecuadas y coordinadas en todo el organismo, las cuales se detallaran a continuación:

---

<sup>30</sup>Astrand - Rodahl, Fisiología del Trabajo Físico, 3ª Edición 2002 Editorial Panamericana

## **Sistemas metabólicos musculares**

El ATP es la única fuente directa de energía para formar y romper puentes transversales durante la contracción de los sarcómeros. Durante el ejercicio máximo, el músculo esquelético utiliza hasta  $1 \times 10^{-3}$  mol de ATP/gramo de músculo/minuto.

Esta velocidad de consumo de ATP es de 100 a 1000 veces superior al consumo de ATP del músculo en reposo. Esto último posee solo  $5 \times 10^{-6}$  mol/gramo de ATP acumulados, por lo que habrá depleción de ATP en menos de 1 seg., si no fuera que existen mecanismos para la generación de ATP de considerable capacidad y rapidez.

Los sistemas metabólicos musculares son:

- a. Reserva de ATP acumulados intracelularmente
- b. Conversión de las reservas de alta energía de la forma de fosfocreatina a ATP
- c. Generación de ATP mediante glucólisis anaeróbica
- d. Metabolismo oxidativo del acetyl-CoA

Con el comienzo del ejercicio de intensidad moderada a grande, la transferencia de fosfato y la glucólisis anaeróbica representan las fuentes iniciales de combustible para reponer el ATP consumido.

Los niveles de glucógeno y fosfocreatina descienden rápidamente y aumenta la concentración de lactato en la célula.

La preferencia inicial de estas vías metabólicas, está relacionado en parte con la velocidad de las reacciones para la producción de ATP.

El metabolismo oxidativo es mucho más lento y además necesita una mayor captación de sustrato y  $O_2$ , los cuales requieren un incremento del flujo sanguíneo. Una vez alcanzado este estado, la generación de ATP puede atribuirse casi por completo a la captación de  $O_2$  y sustratos de la sangre.

Tanto en reposo como en ejercicio, el músculo esquelético utiliza ácidos grasos libres (AGL) como una de las principales fuentes de combustible para el metabolismo aeróbico.

Para el músculo esquelético de cualquier capacidad aeróbica, el transporte de  $O_2$  y sustratos (principalmente AGL) limita el nivel de rendimiento del trabajo submáximo de duración apreciable.

En el músculo en reposo el cociente respiratorio ( $CR=VCO_2 /VO_2$ ) se acerca a 0,7 (normal en el organismo en reposo = 0,82), lo cual indica una dependencia casi total de la oxidación de AGL.

La captación de glucosa representa menos del 10% del consumo total de  $O_2$  por el músculo.

El índice de glucogenólisis muscular es más elevado durante los primeros 5 a 10 minutos. Si el ejercicio continúa los sustratos llevados por la sangre se convierten en fuentes cada vez más importante de energía.

Entre los 10 a 40 minutos aumenta de 7 a 20 veces la captación de glucosa, representando el 30 al 40% del consumo de  $O_2$  total, equiparada a la proporcionada por los AGL.

Si el ejercicio continúa más de 40 minutos la utilización de glucosa alcanza su pico máximo entre los 90 y 180 minutos, declinando luego,

umentando progresivamente la utilización de AGL, que a las 4 hs. alcanza el 61%.

El aumento de la utilización de la glucosa está asociado con un aumento de la excreción de alanina del músculo, que es proporcional a la intensidad del ejercicio efectuado. Si se prolonga el ejercicio pueden ser importantes combustibles energéticos los aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina) que son excretados por el hígado y captados por el músculo, donde se obtienen de 32 a 42 moles de ATP por cada mol de aminoácidos.

En conclusión: durante ejercicios prolongados la utilización de combustibles está caracterizada por una secuencia trifásica, en la cual predomina como sustrato principal para brindar productos de energía el glucógeno muscular, la glucosa sanguínea y los AGL sucesivamente.

### **Regulación de la glucemia en el ejercicio**

En el ejercicio de corta duración de liviana a moderada intensidad, la concentración de glucosa en sangre prácticamente no se modifica con relación a la glucemia en reposo. Si es intenso puede observarse una elevación leve de la glucemia (20 a 30 mg/dl)

En el ejercicio prolongado (más de 90 minutos) la glucemia desciende entre 10 a 40 mg/dl

El hígado representa el único sitio de producción y liberación de glucosa al torrente sanguíneo y debe tratar de equilibrar el consumo de glucosa por parte del músculo.

En reposo el índice de producción de glucosa hepática es de 150 mg/min., del cual el 75% es glucogenólisis y el resto es gluconeogénesis a partir de alanina, lactato, piruvato y glicerol. El ejercicio de corta duración el aumento de liberación de glucosa hepática es a expensas de la glucogenólisis. A medida que el ejercicio se prolonga hay mayor dependencia de la captación del precursor gluconeogénico para mantener la producción de glucosa hepática.

La respuesta hormonal al ejercicio se caracteriza por descenso de insulina y aumento de glucagón. Además aumentan la somatotrofina, adrenalina, noradrenalina y cortisol. La importancia fisiológica de alteración del medio hormonal en el ejercicio se relaciona más con el estímulo de producción hepática de glucosa que con el aumento de utilización de esta.

### **Recuperación posterior al ejercicio**

#### **a) Metabolismo de la glucosa**

El efecto inmediato del metabolismo de la glucosa en fase de recuperación es iniciar la reposición de las reservas de glucógeno en el músculo y en el hígado.

En período de recuperación temprana hay una rápida elevación de insulina que disminuye la liberación de glucosa hepática hasta niveles basales. El glucagón se mantiene elevado y contribuye al aumento de la captación hepática de precursores gluconeogénicos, principalmente lactato y piruvato y en menor grado alanina.

El músculo mantiene la captación de glucosa 3 a 4 veces superior a los niveles basales.

A las 12 - 14 hs. posteriores al ejercicio las reservas de glucógeno muscular aumentan el 50% o más, aún en ausencia de ingesta alimentaria. Esto se explica por la acelerada gluconeogénesis hepática y su liberación posterior al torrente sanguíneo.

#### b) Catabolismo y anabolismo proteico

Durante el ejercicio existe catabolismo proteico para obtener sustratos para la gluconeogénesis.

Finalizado el estado de contracción muscular se produce un aumento de la respuesta anabólica, y si se repiten las sesiones de ejercicio el efecto a largo plazo se manifiesta con una hipertrofia muscular.

Similar fenómeno ocurre con las reservas de glucógeno.

### **Adaptaciones circulatorias**

Durante el ejercicio, el mayor requerimiento de  $O_2$  por los músculos que se contraen es satisfecho por un aumento del aporte sanguíneo a los músculos, esto es posible porque el corazón bombea más sangre por minuto y porque ocurren adaptaciones circulatorias, que desvían gran parte del torrente sanguíneo desde tejidos menos activos hacia los músculos.

Estas adaptaciones circulatorias no se circunscriben solamente a los músculos esqueléticos porque aumenta el requerimiento de  $O_2$  del corazón y porque se debe evitar que se desvíe sangre desde el encéfalo hacia los músculos.



Por supuesto, el flujo sanguíneo a través de los pulmones debe aumentar en la misma proporción que el flujo en la parte sistémica de la circulación, pero sin que la velocidad se acelere tanto como para dificultar el intercambio gaseoso adecuado. “Estos grandes cambios adaptativos de la circulación obedecen a la interacción de factores nerviosos y químicos”.<sup>(31)</sup>

### **Presión sanguínea**

Uno de los importantes ajustes durante el ejercicio es el aumento de la presión sanguínea arterial (PA), la cual provee la fuerza conducente para incrementar el flujo sanguíneo a través de los músculos. Al mismo tiempo la PA excesivamente alta durante el reposo puede reducir seriamente la tolerancia de un individuo al ejercicio.

El aumento del volumen sistólico (VS) del corazón hace que se expulse mayor volumen de sangre hacia la aorta durante la sístole. Si la resistencia periférica (RP) de las arteriolas permanece constante, la distensión de las arterias debe aumentar para dar cabida a esa masa de sangre, y la presión sistólica se eleva a un nivel mayor antes de que el flujo de salida pueda equilibrar el flujo de entrada. La presión diastólica se incrementa en menor grado, porque la mayor distensión sistólica de los vasos ocasiona una retracción diastólica más rápida y, en consecuencia, la presión puede caer hasta alcanzar casi el nivel diastólico normal.

El aumento de la frecuencia cardíaca (FC) eleva fundamentalmente la presión diastólica, al reducir el tiempo disponible para la caída de la presión en la diástole.

---

<sup>31</sup>Astrand - Rodahl, Fisiología del Trabajo Físico, 3ª Edición 2002 Editorial Panamericana

Si la elevación de la PA por vasoconstricción generalizada se asocia con vasodilatación localizada en un órgano aislado, se producen condiciones ideales para que se incremente el flujo sanguíneo a través de dicho órgano.

La PA es afectada por la postura corporal; al pasar una persona del decúbito a posición parada se produce caída momentánea de la presión a consecuencia del menor retorno venoso. Esto activa el reflejo del seno carotídeo, el cual origina una pronta vasoconstricción de los vasos espláncnicos, con elevación consecutiva de la PA que asegura el flujo al cerebro. Esta compensación generalmente sobrepasa la marca anterior, y la PA es comúnmente entre 10 y 15 mmHg más alta que en posición de decúbito.

También la FC aumenta con el cambio de la postura.

La elevación mínima, o la ausencia de elevación de la FC, y el aumento moderado en la PA al adoptar posición erecta, son interpretados como signos de ajuste circulatorio adecuado.

### **Control del flujo sanguíneo en los órganos**

La adecuación del flujo sanguíneo a las necesidades metabólicas de los tejidos comprende dos procesos distintos, aunque relacionados: dilatación de las arteriolas en los tejidos activos y constricción compensatoria de arteriolas en tejidos menos activos (piel y órganos abdominales). El corazón y el cerebro, en cambio requieren una rica provisión de sangre en todo momento y por eso no participan en la vasoconstricción compensatoria del ejercicio.

Cuando es necesario, el flujo sanguíneo a través de los tejidos puede elevarse aún más por incremento del volumen minuto (VM). El calibre de los vasos es regulado por factores nerviosos, mecánicos y químicos.

### **Control del flujo sanguíneo a través de los músculos esqueléticos**

Factores nerviosos: En reposo los vasos musculares tienen un alto grado de vasoconstricción, que persiste de eliminar la innervación vasomotora.

Los músculos esqueléticos reciben fibras vasomotoras exclusivamente de la división simpática del SNA de dos tipos:

- Adrenérgicas: vasoconstrictoras, con débil acción sobre el músculo esquelético
- Colinérgicas: vasodilatadoras, sin embargo no hay pruebas experimentales de que estas fibras tengan acción sobre el músculo esquelético.

Los vasos musculares presentan además receptores  $\beta_2$ , que producen vasodilatación.

- Factores mecánicos: Compresiones extrínsecas producidos por los músculos en contracción.
- Factores químicos: Muchas pruebas indican que la vasodilatación en el músculo esquelético se debe a la acción directa de modificaciones químicas locales sobre los vasos sanguíneos, estos agentes serían:

- Falta de O<sub>2</sub> (hipoxia tisular)
- Mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> y ácido láctico
- Liberación de potasio intracelular y de histamina
- Compuestos de adenina provenientes de la desintegración del ATP

### **Sitio de la vasoconstricción compensadora durante el ejercicio**

Durante el ejercicio, junto con la dilatación de los vasos en los músculos, hay vasoconstricción en órganos abdominales. El flujo sanguíneo disminuye por debajo de los niveles en reposo, por ej. en el riñón el FSR disminuye entre el 50 al 80%. Los vasos de la piel se contraen inicialmente, pero si el ejercicio continúa se dilatan para eliminar el calor excesivo que se produce en la contracción muscular. Además se pierde líquido por sudor con la consiguiente deshidratación y con ello, aumento del hematocrito.

El resultado final es una derivación de sangre desde los órganos abdominales hacia los músculos activos, corazón, piel y un pequeño cambio en el flujo sanguíneo de otras regiones del cuerpo. “Este mecanismo derivador, junto con el aumento del VM, elevan el flujo sanguíneo en los músculos en actividad 75 veces más, por lo que el consumo de O<sub>2</sub> se puede incrementar de 0,16 ml de O<sub>2</sub>/100 g/min. en reposo hasta 12 ml de O<sub>2</sub> en ejercicio” (<sup>32</sup>).

### **Flujo sanguíneo en los músculos en actividad**

En reposo, los músculos esqueléticos constituyen el 40% del peso corporal y reciben solamente el 15% del VM. Sus arteriolas están contraídas

---

32 Noguero BF, Alandez FJ, Cañizares J, Sicilia A, Sanz M, Campos A, et al. Ultrastructural changes of the mouse periodontium after He Ne laser radiation: a transmission electron microscopic study. *Laser Ther* 2004; 6:95-100.

por el tono intrínseco de su músculo liso, además de su inervación vasoconstrictora simpática. Gran parte de los capilares musculares se encuentran cerrados (se abren y se cierran alternadamente respondiendo a la actividad rítmica de los esfínteres precapilares).

**Los cambios circulatorios en el ejercicio se los puede dividir en dos etapas:**

1ª Etapa: Al comenzar el ejercicio la FC y el VM cardíaco empiezan a aumentar, y las arteriolas de los músculos esqueléticos se dilatan por impulsos vasodilatadores colinérgicos del sistema nervioso simpático. Al mismo tiempo, el flujo sanguíneo de los órganos abdominales y de la piel se reduce por acción de las fibras vasoconstrictoras simpáticas adrenérgicas. La sangre se desvía hacia los músculos, pero sin tener en cuenta la distinción entre los músculos que habrán de entrar en actividad o no.

2ª Etapa: En los músculos en actividad hay aumento de la temperatura local y eliminación de productos metabólicos y otros agentes químicos, que ejercen acción directa sobre las arteriolas y contribuyen a su dilatación, aumentan selectivamente el flujo sanguíneo en los músculos activos. simultáneamente se contraen las arteriolas de los músculos inactivos por desaparición de la influencia simpática vasodilatadora y reaparición de la constricción intrínseca normal.

El VM en reposo es de 5 litros y en ejercicio puede elevarse a 20 litros. El músculo esquelético recibe en reposo 0,8 litros del VM, y alrededor de 16 litros en ejercicio, por lo que el aumento total del flujo sanguíneo es de 20 veces. El suministro de O<sub>2</sub> es más elevado todavía (75 veces mayor) debido a que se extrae una fracción de O<sub>2</sub> mayor.

Uno de los resultados del entrenamiento deportivo sería la disminución del VM durante el ejercicio submáximo debido a la derivación más eficiente de la sangre hacia los músculos.

### **Flujo sanguíneo a través del corazón, pulmones y cerebro durante el ejercicio.**

La actividad funcional cardíaca aumenta notablemente por lo que el flujo sanguíneo coronario debe incrementarse en proporción. El flujo sanguíneo pulmonar debe ser paralelo al retorno venoso (RV) y la velocidad del flujo sanguíneo no debe incrementarse indebidamente para que la hematosis sea razonablemente completa.

El requerimiento de O<sub>2</sub> del cerebro varía poco al pasar del reposo al ejercicio, pero debe ser adecuado en todo momento.

Las arteriolas del corazón, cerebro y pulmones no participan en la vasoconstricción compensadora. En el corazón y cerebro, el principal factor determinante del flujo sanguíneo es el nivel de la PA. Además, los vasos coronarios se dilatan por disminución del tono vasoconstrictor y en menor medida por los metabolitos ácidos.

Solamente disminuye el flujo coronario en la breve fase isométrica de la sístole por compresión de los vasos.

El flujo sanguíneo pulmonar aumenta pero sin elevación de la PA pulmonar, esto se debe a una disminución de la resistencia del circuito menor post-apertura pasiva de los capilares que estaban parcial o totalmente cerrados.

## **Modificación de la PA en el ejercicio**

Durante la transición del reposo al trabajo se puede producir un descenso momentáneo de la PA, que dura pocos segundos debido a la vasodilatación generalizada inicial en los músculos. A este le sigue el aumento paulatino de la PA, que llega al máximo en el 1er minuto; este valor es proporcional a la intensidad del trabajo. En lo sucesivo, mientras el trabajo continúe invariable, la presión suele descender con lentitud.

Durante el trabajo moderado, se observa un descenso de la FC, debido a una adaptación más eficiente de la circulación muscular.

Durante el trabajo intenso otro factor más contribuye al descenso paulatino de la presión, sería la reducción de la RP, que resulta de la vasodilatación a nivel de la piel.

Al cesar el ejercicio la PA disminuye bruscamente, y llega a un valor mínimo en 5 a 10 seg., pero luego vuelve a ascender. La caída inicial se atribuyó al estasis sanguíneo en los vasos dilatados de la musculatura, además de la supresión del efecto de bombeo de los músculos actuantes; la recuperación parcial secundaria se debe a vasoconstricción refleja.

- **Adaptaciones cardíacas**

En los períodos de reposo, los músculos almacenan sustancias nutritivas en cantidades suficientes como para iniciar y mantener el ejercicio hasta que se puedan movilizar las reservas, pero no tienen capacidad de almacenar O<sub>2</sub>, por lo que el aumento de las necesidades de O<sub>2</sub> debe ser satisfecho de dos maneras:

Incremento del flujo sanguíneo para los músculos activos

- Desviando sangre desde zonas menos activas
- Aumentando el VM

### **Incrementando la extracción de O<sub>2</sub> de la sangre**

Se considera que el aumento del VM es la más importante de las respuestas adaptativas para incrementar la entrega de O<sub>2</sub> a los músculos en actividad siendo el factor que suele establecer el límite superior de la capacidad para el ejercicio.<sup>33</sup>

### **VM cardíaco**

El VM en sujetos en reposo varía con la postura. En decúbito dorsal es de 4-6 litros/min., en posición de pie o sentado, la influencia de la gravedad disminuye el RV y la reducción consecutiva del VM es de 1-2 l/min. La reducción del VM es a expensas del volumen sistólico (VS), dado que la FC suele aumentar ligeramente.

Durante el ejercicio, los deportistas entrenados pueden llegar a tener un VM de más de 30 l durante ejercicios máximos, y los no entrenados alrededor de 20 l. El aumento del VM se debe al incremento del VS y de la FC. Como la FC máxima en el ejercicio extenuante es prácticamente igual en entrenados y sedentarios, el mayor incremento alcanzado en deportistas es debido a su mayor capacidad de incrementar el VS.

---

<sup>33</sup>Guyton, Tratado de Fisiología Médica, 8ª Edición 1991 Editorial Interamericana Mc Graw Hill



## Regulación del VS

Durante el ejercicio, el mayor VS podría obedecer al lleno más completo del ventrículo, al vaciado más efectivo o a ambas causas.

Se demostró que el mayor VS no obedece al mayor llenado ventricular, sino al vaciado más completo. Esto requiere un incremento de la fuerza de contracción (efecto inotrópico positivo) que depende de los impulsos nerviosos aceleradores del simpático y por las aminas simpáticas que transporta la sangre al corazón.

Las personas no entrenadas presentan los siguientes valores de VS:

	<b>RESPOSO</b>	<b>EJERCICIO MÁXIMO</b>
Decúbito dorsal	100ml	125ml
Posición erecta	60 – 70ml	125ml

Con entrenamiento, el VS máximo aumenta hasta unos 150 ml y en atletas del más alto nivel el VS máximo alcanzó en promedio a 189 ml.

## Retorno venoso (RV)

Una persona en posición erecta, en ausencia de mecanismos compensadores por efecto de la gravedad, se estancaría sangre en los miembros inferiores. Esto no ocurre porque existen mecanismos eficientes que compensan, ellos son:

## **Vasoconstricción refleja de las venas de las piernas**

Acción de masaje de los músculos esqueléticos (bomba muscular): Cuando la masa muscular que rodea las venas se contraen, estas se colapsan y su contenido es expulsado hacia afuera, y por la presencia de las válvulas venosas, que impiden el retroceso del flujo sanguíneo, la columna sanguínea asciende hacia el corazón. Cuando los músculos se relajan la vena se llena nuevamente. De esta manera actúan los músculos como una "bomba impelente".

Este es más efectivo con movimientos rápidos y rítmicos (carrera, remo) que en contracciones estáticas y sostenidas de los músculos (levantamiento de pesas).

Movimientos respiratorios: Durante la inspiración disminuye la presión en la cavidad torácica y aumenta la presión en el abdomen; estas presiones también se ejercen sobre las paredes de las venas, por lo que hay aspiración de sangre, progresando esta hacia el corazón. Durante la espiración los efectos de la presión se invierten, se vacían las venas torácicas en el corazón derecho y permite el llenado de las venas abdominales.

Durante el ejercicio, esta influencia es elevada por la profundidad y frecuencia de los movimientos respiratorios. Este mecanismo no se presenta en los ejercicios de "esfuerzo sostenido" (levantamiento de pesas) donde aumenta tanto la presión torácica tanto como la abdominal.

## **Frecuencia cardíaca (FC)**

La FC cardíaca normal oscila entre 60 y 100 latidos/min., es 5 a 10 latidos/min mayor en las mujeres que en los hombres. El promedio durante el reposo es de 78 en los hombres y 84 en las mujeres.

Se dice que hay tendencia a que la FC sea más baja en sujetos que tienen buena aptitud física que en los no atletas.

Se produce un ligero incremento en la FC al pasar del decúbito a la posición erecta, la cual tiende a equilibrar el descenso del VS por disminución del RV por efecto de la gravedad.

Durante el ejercicio existe un aumento evidente de la FC, esto depende de la velocidad y duración del ejercicio, el contenido emocional, la temperatura ambiente y humedad, y la aptitud física del sujeto. Se han registrado cifras superiores a 200 latidos/min. durante el ejercicio.

Durante el ejercicio máximo la FC media culmina a los 10 años de edad y luego disminuye alrededor de un latido/min. cada año.

Existe una relación directa entre la FC máxima y la captación de O<sub>2</sub>.

La aceleración cardíaca comienza al iniciar el ejercicio, e incluso antes en coincidencia con la puesta con la puesta en tensión de los músculos por influencia de la corteza cerebral sobre el centro de la FC ubicada en el bulbo raquídeo, y luego de unos pocos segundos, continúa con una elevación más gradual hasta el máximo nivel que puede aparecer al cabo de 4 a 5 min. (Pudiendo variar entre menos de 1 min. hasta más de 1 hora).

La máxima FC, en la fase estable del ejercicio, tiene una significativa relación con la cantidad de trabajo realizado. Los sucesivos incrementos

suelen ser menores cuando se aproximan a valores límites (200 latidos/min.).<sup>34</sup>

El tipo de ejercicio influye sobre el incremento de la FC. Existe la mayor aceleración en ejercicios de velocidad (carreras) y la menor en ejercicios de fuerza (lanzamientos). En ejercicios de resistencia (carreras de fondo) la FC fue intermedia.

El tiempo requerido para que la FC se normalice después del ejercicio depende de la intensidad del trabajo, de su duración y de la condición física del sujeto.

Los factores fisiológicos que determinan el retardo en la recuperación después del ejercicio son los siguientes:

Persistencia de factores que elevan la FC (aumento de la temperatura corporal y de la concentración de ácido láctico en sangre).

Respuestas reflejas a la rápida cesación del ejercicio con la consiguiente estasis sanguínea en los vasos musculares dilatados, disminución del RV, disminución del VS, disminución de la PA y aumento de la FC.

## **Regulación de la FC**

La FC se halla regulada por factores químicos y nerviosos.

El impulso que excita al corazón se origina en el nodo sinoauricular independientemente del sistema nervioso, pero este último desempeña un papel importante en la regulación de su actividad.

---

<sup>34</sup>Guyton, Tratado de Fisiología Médica, 8ª Edición 1991 Editorial Interamericana Mc Graw Hill

El nodo sinoauricular tiene inervación de 2 tipos:

- Los nervios vagos que disminuyen la FC
- Los nervios aceleradores o simpáticos que la aumentan

En reposo existe influencia constante del vago denominadas "tono vagal", impulsos que se originan en el centro cardioinhibidor del bulbo raquídeo que actuaría como freno para la FC.

Durante el ejercicio el aumento de la FC es causado por una disminución de la acción inhibidora del vago. Durante ejercicios agotadores el incremento de la estimulación simpática recién adquiere importancia, ya que en reposo su influencia es poco significativa.

Factores adicionales, como el aumento de la temperatura corporal y de la secreción de adrenalina, ejercen acción directa sobre el corazón. La descarga del centro cardioinhibidor se produce a través de reflejos, cuyos impulsos aferentes se originan en los senos aórticos y carotídeos.

También es influenciado por la corteza cerebral y otros centros superiores, este sería el origen del aumento psíquico de la FC segundos antes de iniciarse el ejercicio.

Ciertos reflejos que se originan en las articulaciones y los músculos durante su contracción contribuyen a producir aumentos en la FC y en la respiración.

### **Adaptaciones circulatorias en el ejercicio isotónico e isométrico**

Existen diferencias cuali-cuantitativas entre el ejercicio dinámico o isotónico y el ejercicio estático o isométrico.

En el ejercicio dinámico existe un gran aumento del VM y la FC, con elevación moderada de la PA (170 mmHg P.sist./100 mmHg P. diast.) y una reducción neta de la RP. Esto se debe al aumento del consumo de O<sub>2</sub> por el músculo.

Por el contrario, el ejercicio estático lleva a un pronunciado aumento de la PA (300 mmHg P. sist./150 mmHg P. diast.) y la RP. El aumento del VM es solo moderado y se debe casi por completo al aumento de la FC, esto se relaciona no solamente con el consumo de O<sub>2</sub> sino también con el porcentaje de desarrollo de tensión máxima.

## **Adaptaciones respiratorias**

### **Consumo de O<sub>2</sub> y ventilación pulmonar**

El consumo normal de O<sub>2</sub> para el varón adulto joven en reposo es de 250 ml/min., pero en condiciones extremas este valor puede llegar a 3600 ml/min. sin entrenamiento, 4000 ml/min. con entrenamiento deportivo, y 5100 ml/min. en un corredor de maratón masculino.

El consumo de O<sub>2</sub> y ventilación pulmonar total aumenta unas 20 veces desde el estado de reposo al de ejercicio de intensidad máxima

La capacidad respiratoria máxima es cerca del 50% mayor que la ventilación pulmonar real durante el ejercicio máximo, ello brinda un elemento de seguridad para los deportistas dándoles ventilación adicional en caso de ejercicios a grandes alturas, ambientes muy cálidos o anomalías en el sistema respiratorio.

### **Efecto del entrenamiento sobre la $VO_2$ máx.**

El consumo de  $O_2$  bajo un metabolismo aeróbico máximo ( $VO_2$  máx.) en períodos cortos de entrenamiento (2-3 meses) solo aumenta el 10%. Sin embargo los corredores de maratón presentan un  $VO_2$  máx. alrededor del 45% superior al de las personas no entrenadas. En parte ese valor superior corresponde a determinación genética, es decir, son personas que tienen mayor tamaño torácico en relación al tamaño corporal y que poseen músculos respiratorios más fuertes.

### **Capacidad de difusión de Oxígeno**

Se incrementa al triple de su valor la capacidad de difusión entre el estado de reposo (23 ml/min.) y el de ejercicio máximo (64 ml/min.), esto se debe principalmente a que el flujo sanguíneo a través de los capilares pulmonares es muy lento e incluso nulo durante el estado de reposo, mientras que en el ejercicio el incremento del flujo sanguíneo en los pulmones hace que todos los capilares se hallen perfundidos al máximo, lo que brinda mayor superficie donde el  $O_2$  puede difundir.

### **Gases sanguíneos**

Tanto la  $PO_2$  como la  $PCO_2$  se mantienen casi normales, lo que indica gran capacidad del sistema respiratorio para suministrar aireación adecuada de la sangre incluso durante el ejercicio máximo.

En el ejercicio la respiración se estimula principalmente por mecanismos neurógenos: por estímulo directo del centro respiratorio, por las mismas señales que se transmiten desde el cerebro a los músculos para producir movimientos, y por señales sensoriales hacia el centro respiratorio

generadas en los músculos en contracción y las articulaciones en movimiento.

## **Adaptaciones en la sangre**

### **Efectos del ejercicio sobre los eritrocitos.**

El recuento de glóbulos rojos de la sangre con frecuencia está aumentado en los primeros momentos del ejercicio, probablemente por simple hemoconcentración (transferencia de líquido sanguíneo a los tejidos). Durante ejercicios más prolongados el líquido pasa a la sangre por lo que hay hemodilución. Un esfuerzo muy agotador puede causar incremento de la destrucción de los glóbulos rojos como consecuencia de compresiones capilares por la contracción muscular y el aumento de la velocidad del flujo sanguíneo, sobre todo en personas de hábitos sedentarios que practican en forma esporádica actividades físicas.

### **Modificaciones de los glóbulos blancos durante el ejercicio.**

El ejercicio de cualquier naturaleza aumenta el recuento leucocitario. En los primeros instantes del ejercicio intenso el aumento relativo de los leucocitos se debe sobre todo al mayor número de linfocitos, pero si el ejercicio se prolonga la elevación consecutiva depende casi exclusivamente del incremento de neutrófilos. Este aumento se produce muy rápidamente y se han registrado cifras de 35.000/mm<sup>3</sup> (normal 5.000 a 10.000/mm<sup>3</sup>). La explicación más razonable es que gran número de células, que durante el reposo permanecen adheridas a las paredes de los vasos, son arrastradas a la circulación por el aumento del volumen y la velocidad del flujo sanguíneo.



## **Tipos de acondicionamiento físico**

Hay tres tipos de acondicionamiento físico:

- El acondicionamiento aeróbico significa mejorar la forma en que el organismo usa el oxígeno. Esto depende de la condición del corazón, los pulmones y los músculos. Cualquier actividad que haga que su corazón lata más rápido, como caminar o correr, puede mejorar el acondicionamiento aeróbico. El acondicionamiento aeróbico a veces se llama "cardio". "Cardio" es la forma abreviada de "entrenamiento cardiovascular", que es cualquier ejercicio tales como trotar, montar en bicicleta o nadar, que hace que su corazón trabaje con mayor intensidad durante un tiempo.
- El acondicionamiento muscular significa formar músculos más fuertes y ampliar el tiempo en que puede usarlos (llamado resistencia). Actividades como levantar pesas y hacer lagartijas ("push-ups") pueden mejorar el acondicionamiento muscular.
- La flexibilidad es la capacidad de mover las articulaciones y los músculos en toda su amplitud de movimiento. El estiramiento es un ejercicio que le ayuda a estar más flexible.

Las cualidades o capacidades físicas del ser humano son la resistencia, la fuerza, la flexibilidad y la velocidad. Todas ellas están interrelacionadas entre sí, y su desarrollo conlleva a un mejor acondicionamiento físico integral.

El ejercicio físico lo configuran aquellos movimientos que de una forma repetitiva activan los sistemas cardiovascular, neuromuscular, óseo,

etcétera, obteniéndose la mejoría de éstos, en mayor o menor proporción, de acuerdo al trabajo e intensidad con que se realicen los mismos.

### **Calentamiento**

El calentamiento es la activación del organismo por medio de movimientos músculo articulares que tienen como fin preparar al cuerpo para poder realizar entrenamientos fuertes así como evitar lesiones durante las sesiones del entrenamiento.

### **Resistencia**

Por resistencia se entiende la capacidad de realizar un trabajo de cierta intensidad durante el mayor tiempo posible; en otras palabras, es la cualidad motriz para resistir el cansancio de un esfuerzo prolongado, así como la capacidad para recuperarse rápidamente de éste.

Esto se logra a través de un proceso de adaptación del organismo a modificaciones en el funcionamiento del sistema circulatorio, el metabolismo y la coordinación entre órganos y sistemas.

La resistencia puede ser general y especial. La resistencia general se define como capacidad de ejecutar un trabajo duradero que pone en acción muchos grupos musculares y plantea exigencias elevadas a los sistemas cardiovascular, respiratorio y nervioso central. La resistencia general permite al gimnasta superar exitosamente un gran volumen de ejercicios.

Por resistencia especial se hay que entender la capacidad de efectuar trabajo muscular muy intensivo pero breve.

## **Desarrollo de la resistencia**

Para desarrollar la resistencia general se recomiendan carrera, esquí, juegos deportivos y natación.

Ha sido demostrada experimentalmente la eficacia del sistema de ejercicios con cuerda realizados por el método de trabajo intensivo con intervalos.

## **Resistencia cardiovascular**

Para la evaluación de esta cualidad física es necesario que la persona haya tenido una evaluación médica que avale la aplicación de las pruebas.

Dentro de las evaluaciones es necesario mencionar que existen dos tipos de persona, de acuerdo a la actividad que desarrollan durante el día.

Las personas sedentarias son aquellas que de acuerdo a su trabajo y ritmo de vida permanecen pasivas y no realizan actividad físicas de forma regular fuera de las actividades cotidianas de su trabajo.

Las personas activas son aquellas que de acuerdo a su trabajo y ritmo de vida permanecen activas y realizan una o varias actividades físicas de forma metódica y regular.

Para poder definir tu nivel actual es necesaria que sean evaluadas todas las cualidades físicas, las cuales darán ciertos puntos y al sumar la totalidad de los puntos y con esto poder designar el nivel.

## **Fuerza**

Es la cualidad física humana que puede definirse como la capacidad del hombre a superar la resistencia externa o a oponérsele gracias a esfuerzos musculares.

El entrenamiento para aumentar la fuerza se ha hecho muy popular y en la actualidad se recomienda como parte de un programa equilibrado de acondicionamiento físico en individuos sanos. También resulta de gran utilidad en una gran cantidad de situaciones clínicas.

El entrenamiento de fuerza es el nombre que suele darse a esta gran variedad de métodos y modos para fortalecer y aumentar la fuerza muscular. Se incluye los eventos competitivos para fisiculturistas y levantadores de pesas.

Aunque se utiliza a menudo en el sentido de levantar pesas no es lo mismo. El entrenamiento de fuerza no sólo incluye el levantamiento de pesas sino también el uso de resistencia proporcionada por fuerza hidráulica, bandas elásticas, resortes y ejercicios isométricos, mientras que el entrenamiento con pesas se refiere, desde el punto de vista técnico, al levantamiento de pesas o pila de pesas.

## **Flexibilidad**

La flexibilidad, aunque no está considerada una cualidad física básica por la mayoría de los especialistas del deporte, sí se puede decir que todos coinciden en que es de gran importancia para el entrenamiento deportivo ya que es un elemento favorecedor del resto de capacidades físicas; se define como la capacidad de extensión máxima de un movimiento en una articulación determinada.

## **Clasificaciones**

Existen tres clasificaciones básicas de la flexibilidad, la primera es aquella que se centra en la relación con la especialidad deportiva a desarrollar, en este caso distinguimos flexibilidad general que es la que trabaja todas las articulaciones importantes del cuerpo y específica en la que el trabajo se centra en articulaciones relacionadas directamente con el deporte.

La segunda clasificación se centra en el tipo de elongación muscular con lo que distinguimos entre flexibilidad estática (mantener una postura durante unos segundos) y dinámica suelen ser ejercicios de estiramiento y acortamiento continuado, sin pausa ni mantenimiento de posiciones.

Por último, si nos centramos en el tipo de fuerza que provoca la elongación tenemos flexibilidad pasiva producida por una o varias fuerzas ajenas al individuo (un compañero, una máquina, la gravedad, etc.) y flexibilidad activa producida por la fuerza que genera el propio individuo por contracciones musculares.

## **Velocidad**

La velocidad puede ser general y especial. La velocidad general es la capacidad de efectuar con rapidez cualquier movimiento y acción, garantizar reacciones motoras a diferentes estímulos con suficiente rapidez. La velocidad especial es la capacidad de efectuar a gran velocidad ejercicios competitivos, sus elementos y partes.

La velocidad se manifiesta de tres formas fundamentales:

1) en tiempo latente de reacción motora;

- 2) en velocidad de movimiento por separado;
- 3) en frecuencia de movimiento.

La combinación de estas formas determina todos los casos de manifestación de la velocidad.

La base metodológica del desarrollo de esta dote física es la técnica racional de los ejercicios que garantiza la ejecución de los movimientos a velocidades extremas.

### **Desarrollo de la velocidad**

Para desarrollar la velocidad del movimiento por separado se emplean el método de repetición y el método de ejercicio desmembrado que facilita la ejecución del movimiento.<sup>35</sup>

## **1.8 Marco legal y jurídico**

En la constitución política del Ecuador aprobada en el año 2008 se hace referencia a la sección salud garantizando una atención gratuita y de calidad la cual beneficia a la ciudadanía en general, con lo que se hizo posible la realización de esta investigación.

---

<sup>35</sup><http://www.profesorenlinea.cl/Deportes/AcondicionamientoFisico.htm>

## **Sección cuarta**

### **De la salud**

Art. 42.- El Estado garantizará el derecho a la salud, su promoción y protección, por medio del desarrollo de la seguridad alimentaria, la provisión de agua potable y saneamiento básico, el fomento de ambientes saludables en lo familiar, laboral y comunitario, y la posibilidad de acceso permanente e ininterrumpido a servicios de salud, conforme a los principios de equidad, universalidad, solidaridad, calidad y eficiencia.

Art. 43.- Los programas y acciones de salud pública serán gratuitas para todos. Los servicios públicos de atención médica, lo serán para las personas que los necesiten. Por ningún motivo se negará la atención de emergencia en los establecimientos públicos o privados.

El Estado promoverá la cultura por la salud y la vida, con énfasis en la educación alimentaria y nutricional de madres y niños, y en la salud sexual y reproductiva, mediante la participación de la sociedad y la colaboración de los medios de comunicación social.

Adoptará programas tendientes a eliminar el alcoholismo y otras toxicomanías.

Art. 44.- El Estado formulará la política nacional de salud y vigilará su aplicación; controlará el funcionamiento de las entidades del sector; reconocerá, respetará y promoverá el desarrollo de las medicinas tradicional y alternativa, cuyo ejercicio será regulado por la ley, e impulsará el avance científico-tecnológico en el área de la salud, con sujeción a principios bioéticos.

Art. 45.- El Estado organizará un sistema nacional de salud, que se integrará con las entidades públicas, autónomas, privadas y comunitarias del sector. Funcionará de manera descentralizada, desconcentrada y participativa.

Art. 46.- El financiamiento de las entidades públicas del sistema nacional de salud provendrá de aportes obligatorios, suficientes y oportunos del Presupuesto General del Estado, de personas que ocupen sus servicios y que tengan capacidad de contribución económica y de otras fuentes que señale la ley.

La asignación fiscal para salud pública se incrementará anualmente en el mismo porcentaje en que aumenten los ingresos corrientes totales del presupuesto del gobierno central. No habrá reducciones presupuestarias en esta materia.





## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El estudio fue de tipo multimodal (cualitativo- cuantitativo).

Cualitativo ya que a través de la observación individual de cada persona que se trató con esta terapia de láser y ejercicios de acondicionamiento físico, se pudo analizar los resultados y características, además cada paciente aportó diciéndonos como es su vida cotidiana como se sienten respecto a su enfermedad y así pudimos llegar a una conclusión final para darle a cada paciente un buen tratamiento. Esto la hace una investigación interpretativa, referida a lo particular.

Cuantitativo ya que nos permitió obtener los datos de manera numérica y así poder interpretar con pasteles la frecuencia y el porcentaje de manera exacta.

Fue de tipo descriptivo porque buscamos los avances y eficacia de este protocolo en la recuperación del paciente tal como fueron observados y medidos, mediante técnicas de recolección de datos.

Por otra manera fue de tipo propositivo, ya que se realizó un protocolo de rehabilitación de la lesión del ligamento cruzado anterior mediante la combinación de los efectos terapéuticos del láser más ejercicios de acondicionamiento físico para brindar una solución a este problema.

### **3.2 Diseño de investigación**

El diseño fue de tipo no experimental, ya que no se manipuló variables, se obtuvo resultados y paulatinamente fuimos observando la evolución de todos los pacientes de la aplicación de esta terapia.

Fue de corte transversal, porque mide la prevalencia de la exposición y del efecto en una muestra poblacional en un solo momento temporal. La investigación se realizó durante los meses de enero a julio del 2013.

En esta investigación se trabajó únicamente con pacientes post quirúrgicos atendidos por el médico fisiatra del Hospital San Vicente de Paúl, el cual refirió a los mismos al servicio de rehabilitación donde iniciamos la investigación.

### **3.3 Operacionalización de variables**

#### **3.3.1 Variable independiente:**

Los traumatismos y los movimientos repetitivos.

#### **3.3.2 Variable dependiente:**

Rotura del Ligamento Cruzado Anterior (Rodilla).

### 3.3.3 Matriz de operacionalización de variables

#### Formulación de variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Traumatismos:</b> lesión en los tejidos orgánicos producida por una violencia externa.</p> <p><b>Movimientos:</b> cambio de posición de un cuerpo en el espacio.</p> <p><b>Repetitivos:</b> ocurrir suceder varias veces una cosa o acción.</p>	<p><b>Aspecto físico:</b> que puede presentar una inflamación y dolor.</p> <p><b>Aspecto psicológico:</b> que produce un dolor y cambios de carácter en la persona.</p> <p><b>Aspecto social:</b> secuela de imposibilidad de realizar sus acciones cotidianas.</p>	<p><b>1-</b> falta o limitación de movimientos normales del miembro afectado.</p> <p><b>2-</b> problemas en actividades de la vida diaria y del trabajo.</p> <p><b>3-</b> Sentimientos de inutilidad provocados por el dolor limitante.</p> <p><b>4-</b> producción de una rigidez o atrofia a nivel de la extremidad afectada.</p>	<p>Observación</p> <p>Encuesta</p> <p>Test goniometrico</p>

#### Formulación de variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Rotura:</b> desgarro o pérdida de la continuidad o de la configuración de un</p>	<p><b>Aspecto físico:</b> limita la movilidad del miembro</p>	<p><b>1-</b> falta o limitación de movimientos normales del</p>	<p>Observación</p>

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>órgano o tejido corporal</p> <p><b>Rodilla:</b> articulación sinovial o diartrosis, compuesta debido a que conecta el fémur y la tibia en una articulación bicondilea y el fémur y la rótula en una articulación troclear</p>	<p>afectado</p> <p><b>Aspecto psicológico:</b> sentimientos de inseguridad y discapacidad</p> <p><b>Aspecto social:</b> alejado de sus actividades laborales y limitación de las actividades de la vida diaria.</p>	<p>miembro afectado.</p> <p><b>2-</b> problemas en actividades de la vida diaria y del trabajo.</p> <p><b>3-</b> Sentimientos de inutilidad provocados por el dolor limitante.</p> <p><b>4-</b> producción de una rigidez o atrofia a nivel de la extremidad afectada.</p>	<p>Observacion Encuesta</p> <p>Observacion Test goneometrico</p> <p>Observación Test goneometrico</p>

### 3.4 Población y muestra

Se trabajó con los pacientes que asistieron a rehabilitación en el área de terapia física en el Hospital san Vicente de Paul de la ciudad de Ibarra, la población fue de 35 personas adultas jóvenes, hombres y mujeres, tras haber sufrido una lesión del ligamento cruzado anterior.

El área de terapia física del hospital san Vicente de Paul, cuenta con una de las mejores infraestructuras médicas en el norte del país, con equipos de última tecnología y un personal muy capacitado propio de una entidad pública de renombre.

Se trabajó con la coasesoria del médico fisiatra Dra Gladis Cisneros quien conjuntamente con el licenciado Luis Chipantasi terapeuta encargado

del área de rehabilitación, nos brindaron la tutoría en el ámbito práctico de la investigación.

Los pacientes excluidos de la investigación fueron los que tuvieron alguna otra patología muy aparte de la lesión de ligamento cruzado anterior ya que esto puede afectar al resultado final.

### **3.5 Métodos**

Esta investigación se basó en los siguientes métodos:

**Inductivo:** ya que se analizó individualmente los casos de muchos pacientes, de manera particular para luego llegar a una conclusión general. Se basó en la observación de un fenómeno y de esta manera pudimos realizar investigaciones que nos condujeron a la generalización.

**Analítico – sintético:** estos métodos permitieron estudiar los hechos que se nos fueron presentando durante la investigación y luego determinar cuál sería el beneficio final que brindaríamos al paciente además de que toda la información recolectada de documentos y datos de la investigación, fuera analizada y sintetizada para al culminar ser redactada.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos a utilizarse en el proceso de investigación fueron:

**Encuesta:** ya que es una técnica de investigación en el cual el investigador obtiene los datos a partir de realizar un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa o al conjunto

total de la población estadística en estudio, formada a menudo por personas, empresas o entes institucionales, con el fin de conocer estados de opinión.

Las encuestas se les realizan a grupos de personas con características similares de las cuales se desea obtener información

La encuesta fue estructurada, estuvo compuesta de una lista formal de preguntas que se le formuló a todos por igual. La encuesta no es auto-administrada.

El evaluador debe observar y hacer preguntas específicas, y responder según lo que muestra o refiere el paciente.

Observación: como técnica de investigación, es el método por el cual se establece una relación concreta e intensiva entre el investigador y el hecho social o los actores sociales, de los que se obtienen datos que luego se sintetizan para desarrollar la investigación. Consiste en ver y oír los hechos que queremos estudiar, y se utiliza fundamentalmente para conocer hechos, conductas y comportamientos colectivos.

Mediante la observación se logro recoger datos que referían los pacientes acerca de su evolución.

Utilizamos la base de datos de Microsoft Excel para analizar e interpretar los datos obtenidos.

### **3.7 Estrategias**

Con el fin de seleccionar la población que cumpla los criterios de inclusión de esta investigación, se coordinó días y horarios con el departamento de estadística del área de rehabilitación del Hospital San

Vicente de Paúl. Posterior a esto se trabajó con los pacientes de manera individual durante aproximadamente 60 minutos diarios que es lo que duraría la aplicación del láser y los ejercicios, todo esto durante 4 semanas.

La investigación se realizó en el “Hospital San Vicente de Paul - Ibarra”.

### **3.7.1 Protocolo de tratamiento fisioterapéutico en lesión de ligamento cruzado anterior, basado en ejercicios de acondicionamiento físico y láser terapia**

#### **Calentamiento**

El calentamiento consiste en realizar un ejercicio que provoque un aumento de la temperatura muscular. De ese modo al iniciar una actividad podremos rendir al máximo y además prevenir posibles lesiones.

Caminadora

Tiempo: 10 minutos

Velocidad: gradual

#### **Fuerza**

La fuerza permite obtener diversas adaptaciones como el agrandamiento muscular, reducción de la proporción masa muscular y grasa corporal, favorece el incremento del contenido mineral del hueso y lo hace más fuerte y resistente, aumenta la fuerza de las estructuras no contráctiles, como tendones y ligamentos, ayuda a prevenir malos hábitos posturales, mejora el rendimiento deportivo.



Para ganar fuerza se realizan los siguientes ejercicios

**Sentadillas:** Se Coloca las piernas con una separación igual al ancho de los hombros, con el peso del cuerpo balanceado sobre ambas piernas. Baja el cuerpo hasta que las caderas y los muslos se encuentren en posición paralela al suelo, sin despegar los talones.

Se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

**Banda elástica:** Se puede realizar el ejercicio en posición horizontal, sentados o parados. En todo momento la columna y la espalda deben estar rectas, evitando flexiones o curvaturas que desfavorezcan la realización del ejercicio.

Colocamos la banda en el pie, encojemos y estiramos el pie con la banda elástica.

Se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

**Elevación de caderas:** Recostado boca arriba, con las piernas flexionadas, eleva la cadera y coloca tus manos en el suelo, hasta que tu cuerpo quede elevado.

Se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

**Mesa de cuádriceps:** Se eleva la pierna a 90 grados con relación a la cadera y se mantiene la posición por 5 segundos.

Se vuelve a la posición inicial y relaja las piernas antes de repetir,

Se las realiza en 2 series de 10 repeticiones.

**Abdominales:** Se debe acostar en el suelo con los brazos estirados sobre la cabeza y las piernas rectas. Luego levanta tus manos y la parte superior de tu cuerpo, hasta la cintura, y también las piernas sin tocar el suelo.

Se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

### **Estiramiento**

El estiramiento hace referencia a la práctica de ejercicios suaves y mantenidos para preparar los músculos para un mayor esfuerzo y para aumentar el rango de movimiento en las articulaciones.

Movimientos de cabeza: Se inclinar la cabeza hacia un lado, hacia el otro, llevamos la cabeza hacia el pecho y hacia atrás.

Se las realizan 5 repeticiones por cada lado del cuello.

**Estiramiento de brazos:** De pie, con las piernas semi abiertas con un brazo elevado a la altura del hombro.

Coger este brazo a la altura del codo con la otra mano, y tirar de él hacia atrás, hacer lo mismo con el otro.

Se las realizan 10 repeticiones manteniendo 5 segundos en cada brazo.

**Estiramiento de tronco:** De pie con las piernas estiradas.

Flexionar el tronco hacia delante y tocar los dedos de los pies con las manos,

Se las realizan 10 repeticiones de 5 segundos

**Estiramiento de Cuádriceps:** Nos sujetaremos la parte posterior del pie con la mano, tirando de él lentamente hacia las nalgas.

Se las realizan 10 repeticiones de 5 segundos en cada pierna

**Estiramiento de Isquiotibiales:** Apoyamos una pierna en alto con una flexión de rodilla de unos 90° mientras que la otra la mantenemos algo atrasada, llevamos la cadera lentamente hacia adelante, durante 5 segundos. Después cambiamos de pierna.

Se las realizan 10 repeticiones de 5 segundos en cada pierna

## **Resistencia**

Es la duración que puede tener un individuo cualquiera durante la realización de un ejercicio, mezclando la buena respiración con la correcta ejecución, logrando así, mantener una actividad física por mucho tiempo.

Caminadora elíptica

Tiempo: 10 minutos

Velocidad: gradual

## **Laser**

Es un tratamiento externo sencillo que no causa dolor, también no es tóxico y sin efectos secundarios y es la única terapia que induce la regeneración de las células locales, con los siguientes efectos terapéuticos:

- Acción trófica y regeneración histiográfica.
- Acción antiinflamatoria.
- Acción analgésica.

Dosis: entre 5 y 8 J/cm<sup>2</sup>

### 3.8 Cronograma de actividades

Actividades	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
1 Elaboración y aprobación del tema											
2 Estructura Capítulo I El Problema											
3 Estructura Capítulo II Marco Teórico											
4 Estructura Capítulo III Metodología											
5 Estructura Capítulo IV Resultados y Discusión											
6 Estructura Capítulo V y Conclusiones											
7 Elaboracion de Anexos											
8 Elaboracion lincografía y bibliografía											
9 Elaboración hojas preliminares											
10 Elaboración carátula											
11 Elaboración índice											
12 Revision Final											
13 Entrega de borradores											
14 Defensa de Tesis											

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis e interpretación de resultados

La encuesta se aplica a 35 pacientes que se atienden en el Centro de Rehabilitación física del Hospital San Vicente de Paúl, con la aplicación de instrumento con preguntas de selección, resultados que se presentan a continuación.

##### 4.1.1 Análisis de resultados aplicados a pacientes del Área de Terapia Física del Hospital San Vicente de Paúl

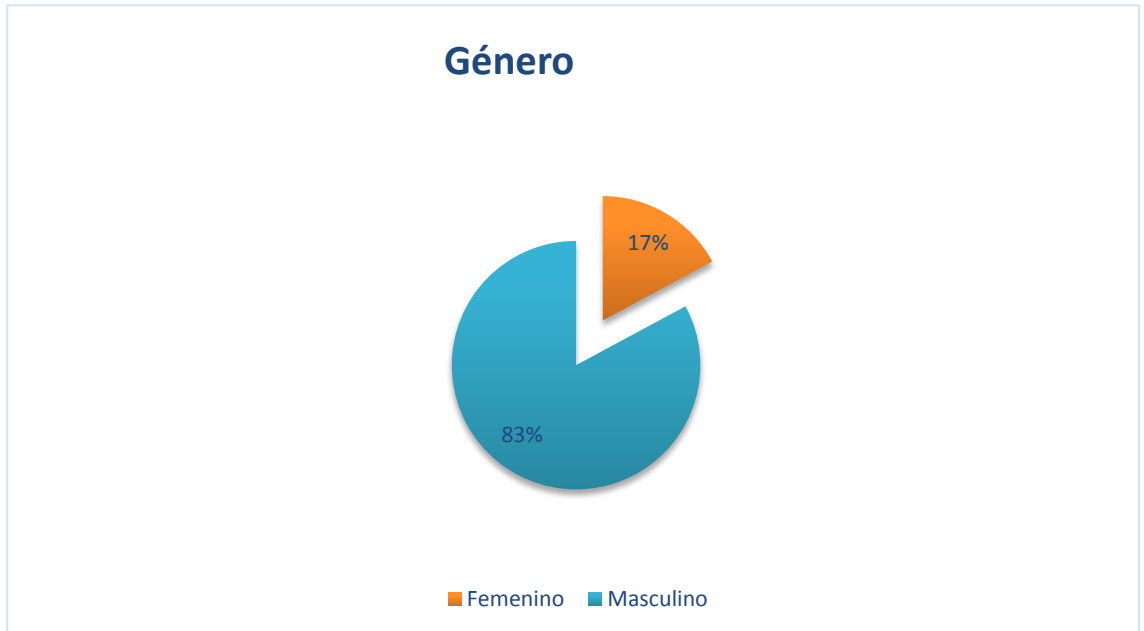
**Tabla Nº 1 Distribución por género de pacientes con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP**

Genero	Frecuencia	Porcentaje
<b>Femenino</b>	6	17%
<b>Masculino</b>	29	83%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013

Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 1 Distribución por género de pacientes con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

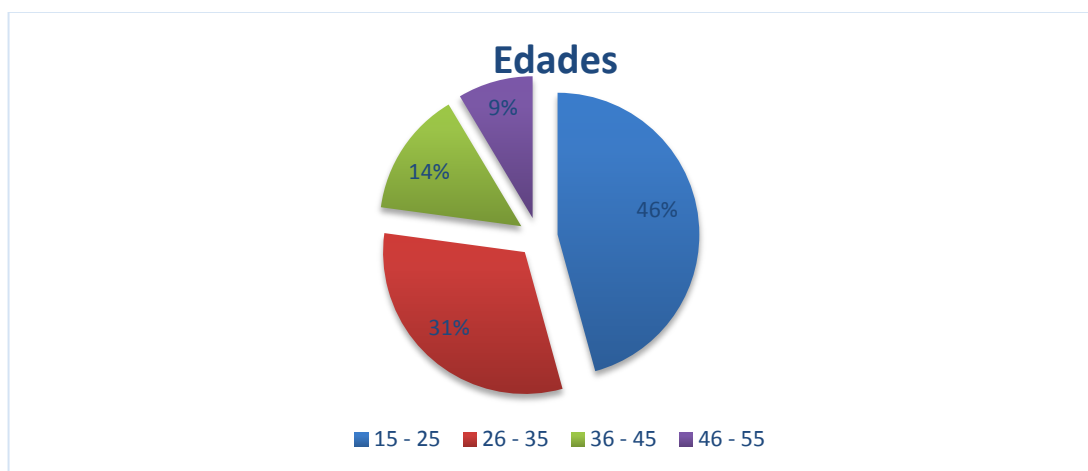
En el grupo estudiado el 83% de la población corresponde al género masculino, puesto que están más expuestos a la lesión del LCA por las actividades que realizan, mientras que el género femenino represento un 17%.

**Tabla Nº 2 Distribución de pacientes por grupos etarios con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP**

Rango de edades	Frecuencia	Porcentaje
15 - 25	16	46%
26 - 35	11	31%
36 - 45	5	14%
46 - 55	3	9%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 2 Distribución de pacientes por grupos etarios con lesión del LCA aplicados el tratamiento propuesto que acudieron al HSVP**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

El 46% del grupo estudiado se encuentra en edades comprendidas de 15 a 25 años, seguido de un 31% que comprenden las edades de 26 a 35 años, un 14% del grupo comprende las edades de 36 a 45 años y finalmente con el 9 % tenemos al grupo en edades de 46 a 55 años, dándonos a conocer que las personas más afectadas por esta lesión son adultos jóvenes.

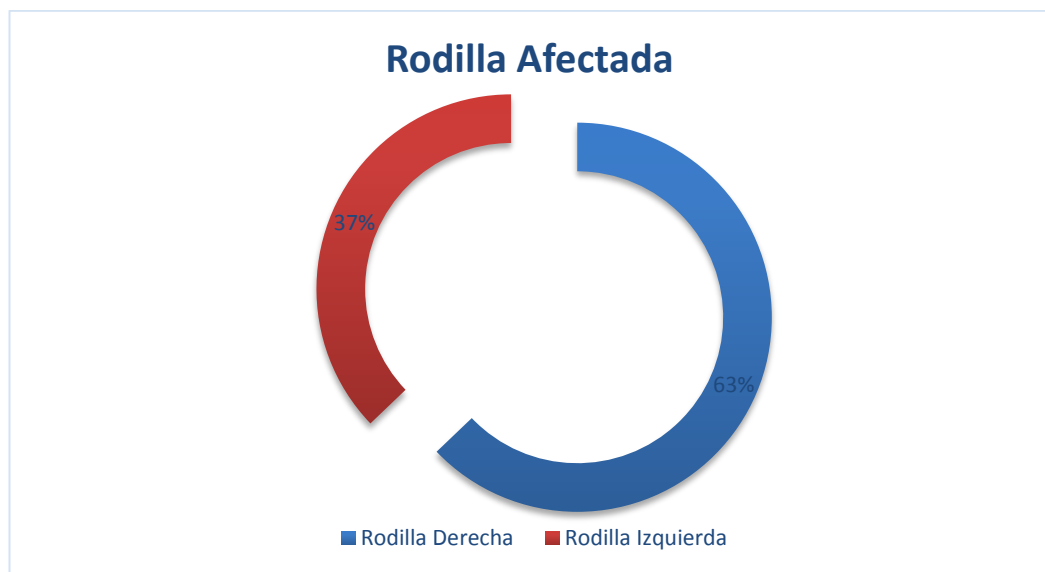


**Tabla Nº 3 Distribución de los pacientes según la rodilla afectada con lesión del LCA**

Rodilla Afectada	Frecuencia	Porcentaje
Rodilla Derecha	22	63%
Rodilla Izquierda	13	37%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 3 Distribución de los pacientes según la rodilla afectada con lesión del LCA**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

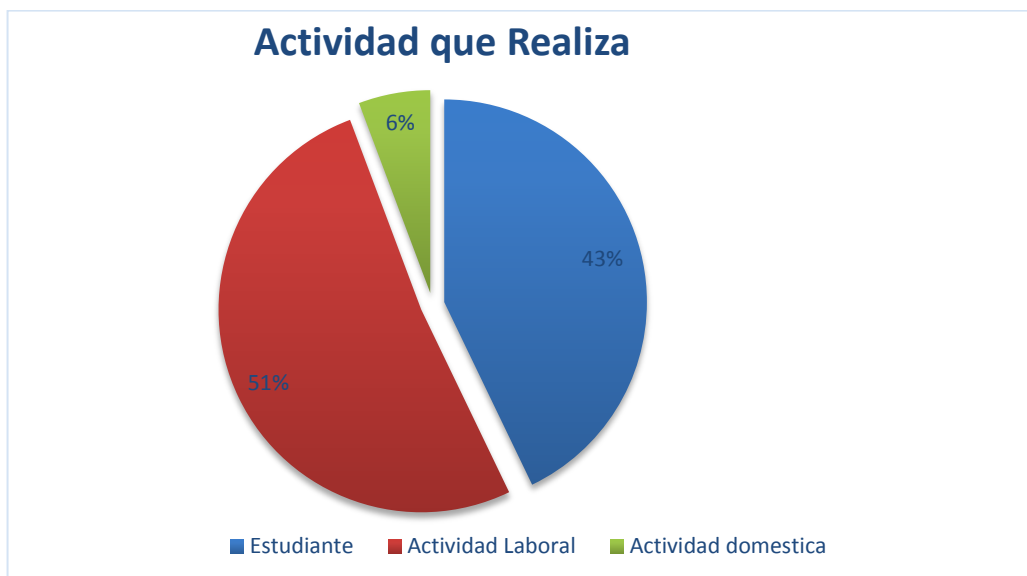
El 63% del grupo estudiado sufrió la lesión del ligamento cruzado anterior en la rodilla derecha y el 37% del grupo sufrió la lesión en la rodilla izquierda. Estos datos revelan que la mayor incidencia de la lesión del LCA sucedió en el lado dominante del grupo estudiado.

**Tabla Nº 4 Distribución de pacientes según actividad que realizan que acudieron al HSVP**

Actividad que realiza	Frecuencia	Porcentaje
Estudiante	15	43%
Actividad Laboral	18	51%
Actividad domestica	2	6%
TOTAL	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 4 Distribución de pacientes según actividad que realizan que acudieron al HSVP**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

El 51% del grupo estudiado realiza actividad laboral, seguido de los estudiantes con el 43% y finalmente, 6 % del grupo estudiado se dedica a las actividades domésticas.

**Tabla N° 5 Distribución de pacientes según actividad implicada en la lesión que acudieron al HSVP**

Actividad Implicada en la lesión	Frecuencia	Porcentaje
Deporte	17	49%
Accidente de tránsito	11	31%
Actividades de la vida diaria	3	9%
Actividad laboral	4	11%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 5 Distribución de pacientes según actividad implicada en la lesión que acudieron al HSVP**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

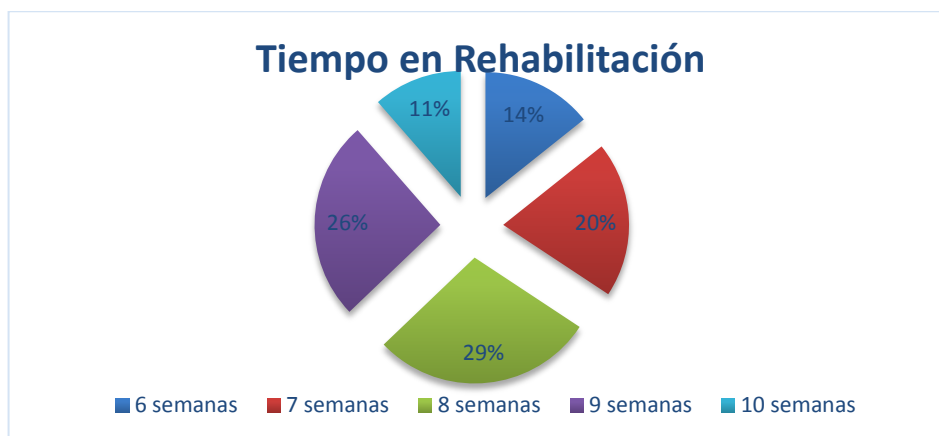
La actividad deportiva es la principal causa de la lesión del LCA con el 49% del grupo estudiado, seguido por los accidentes de tránsito con un 31%, la actividad laboral está implicada en el 11% de los casos y finalmente las actividades de la vida diaria con un 9%.

**Tabla N° 6 Distribución de pacientes según el tiempo que llevan acudiendo al área de rehabilitación del HSVP**

Tiempo en rehabilitación	Frecuencia	Porcentaje
<b>6 semanas</b>	5	14%
<b>7 semanas</b>	7	20%
<b>8 semanas</b>	10	29%
<b>9 semanas</b>	9	26%
<b>10 semanas</b>	4	11%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 6 Distribución de pacientes según el tiempo que llevan acudiendo al área de rehabilitación del HSVP**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

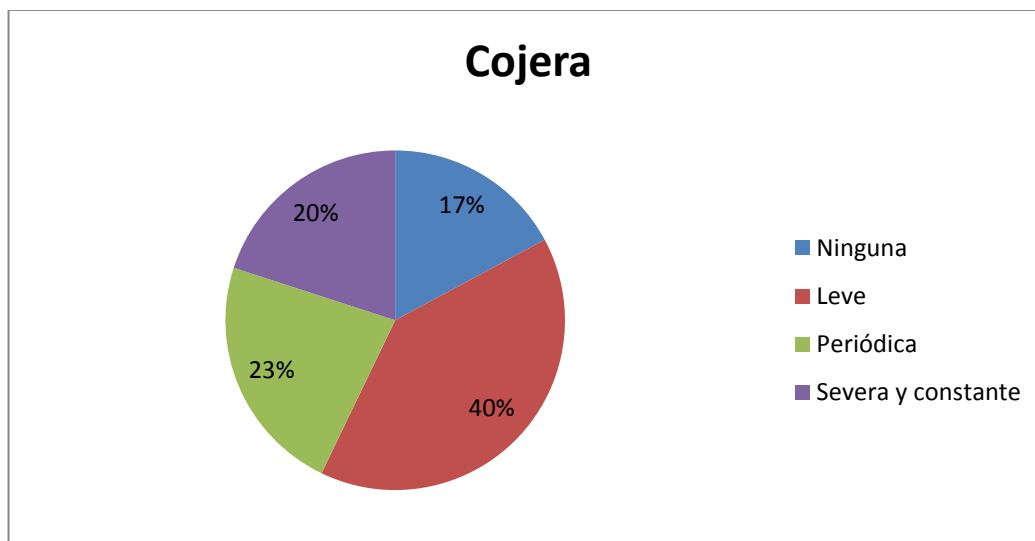
El 14 % del grupo estudiado se encuentra en la sexta semana de rehabilitación, el 20% en la séptima semana, el 29% se encuentra en la octava semana, el 26% en la novena semana y el 11% en la décima semana de rehabilitación. Todos los pacientes se encuentran en la etapa intermedia de rehabilitación tras las reparación quirurjica del ligamento cruzado anterior.

**Tabla Nº 7 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Pre tratamiento)**

Cojera	Frecuencia	Porcentaje
Ninguna	6	17%
Leve	14	40%
Periódica	8	23%
Severa y constante	7	20%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 7 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

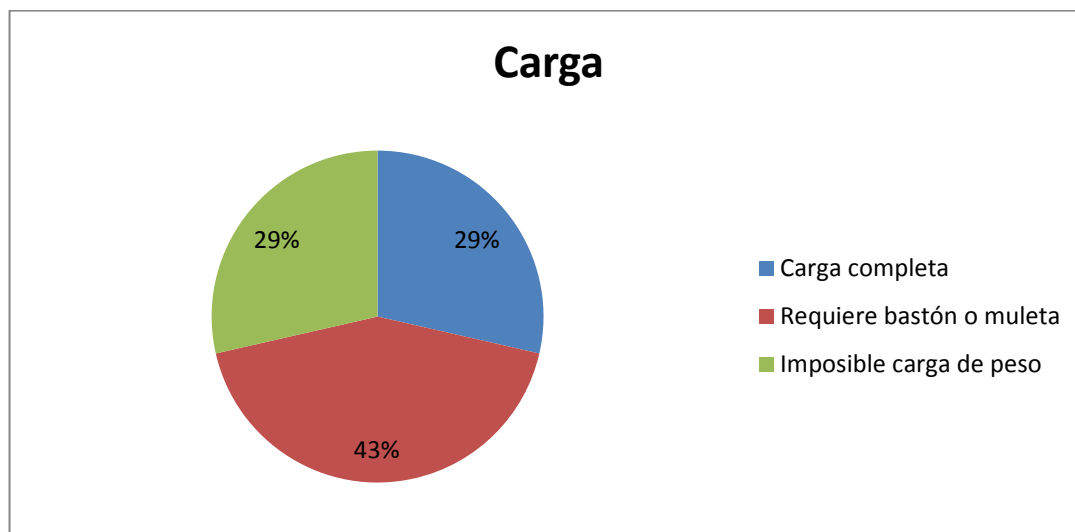
Antes de aplicar el tratamiento propuesto, el 17% del grupo estudiado no presenta cojera, el 40% presenta cojera leve, el 23% tiene cojera periódica y el 23% del grupo presenta cojera severa y constante.

**Tabla Nº 8 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Pre tratamiento)**

Carga	Frecuencia	Porcentaje
Carga completa	10	29%
Requiere bastón o muleta	15	43%
Imposible carga de peso	10	29%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 8 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

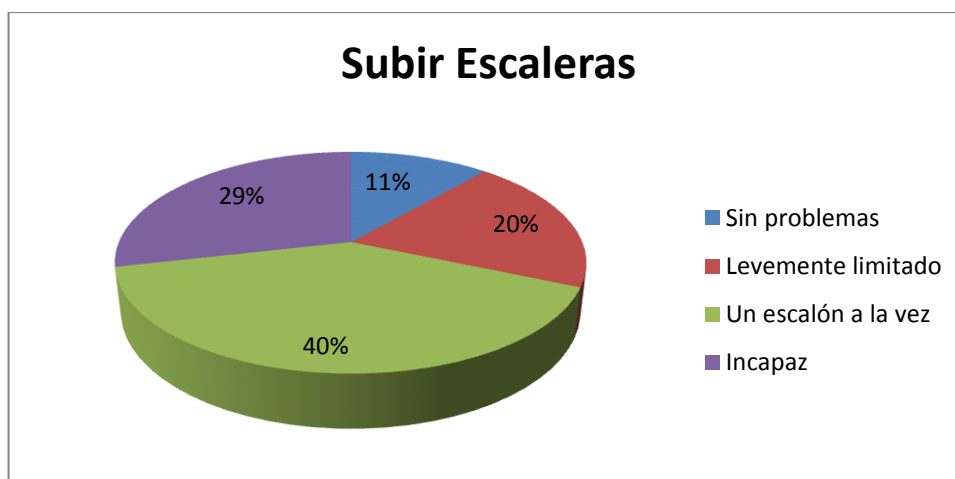
Antes de aplicar el tratamiento propuesto, el 29% del grupo estudiado soporta la carga completa de su peso corporal en el miembro afectado, el 43% requiere bastón o muleta para descargar su peso y para el 29% del resulta imposible descargar su peso en el miembro afectado.

**Tabla N° 9 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Pre tratamiento)**

Subir escaleras	Frecuencia	Porcentaje
Sin problemas	4	11%
Levemente limitado	7	20%
Un escalón a la vez	14	40%
Incapaz	10	29%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 9 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

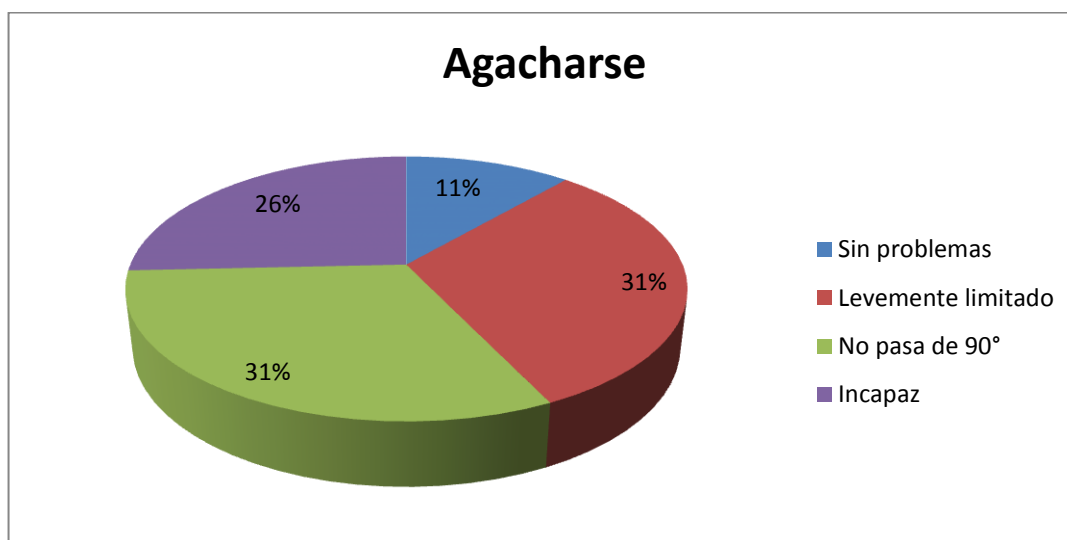
Antes de aplicar el tratamiento propuesto, solo el 11% del grupo estudiado puede subir escaleras sin problemas, el 20% está levemente limitado para realizar esta acción, el 40% puede subir un escalón a la vez y el 29% del grupo está incapacitado para subir escaleras.

**Tabla N° 10 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Pre tratamiento)**

Agacharse	Frecuencia	Porcentaje
Sin problemas	4	11%
Levemente limitado	11	31%
No pasa de 90°	11	31%
Incapaz	9	26%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 10 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

Antes de aplicar el tratamiento propuesto, solo el 11% del grupo estudiado puede realizar la acción de agacharse sin problemas, el 31% del grupo está levemente limitado, el 31% no pasa de los 90° de flexión de rodilla y el 26% del grupo estudiado está incapacitado para agacharse.



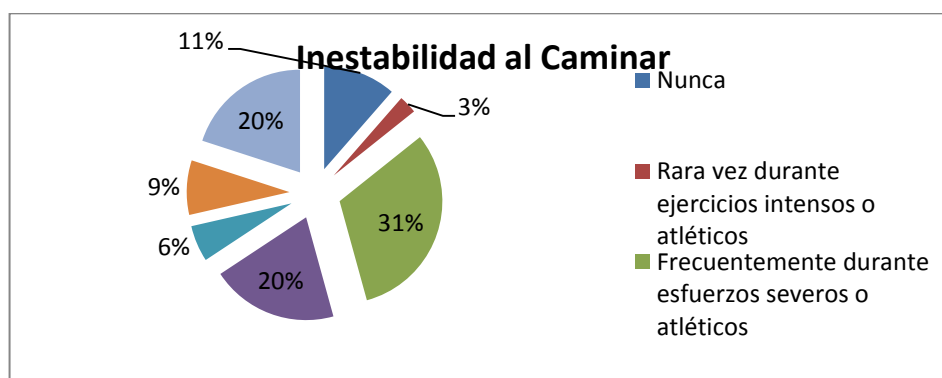
**Tabla Nº 11 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Pre tratamiento)**

Inestabilidad al caminar	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	4	11%
Rara vez durante ejercicios intensos o atléticos	1	3%
Frecuentemente durante esfuerzos severos o atléticos	11	31%
Incapaz de participar debido a la inestabilidad	7	20%
Ocasionalmente en actividades de la vida diaria	2	6%
Frecuentemente en actividades de la vida diaria	3	9%
Con cada paso	7	20%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013

Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 11 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013

Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

### **Análisis:**

Antes de aplicar el tratamiento propuesto, el 11% del grupo estudiado no tiene inestabilidad al caminar, el 3% refiere inestabilidad rara vez durante ejercicio intenso, el 31% presenta inestabilidad frecuentemente durante esfuerzos severos, el 20% está incapacitado para caminar debido a la inestabilidad, el 6% presenta inestabilidad ocasionalmente en actividades de la vida diaria, el 9% presenta inestabilidad frecuentemente en actividades de la vida diaria y el 20% del grupo estudiado presenta inestabilidad al caminar con cada paso.

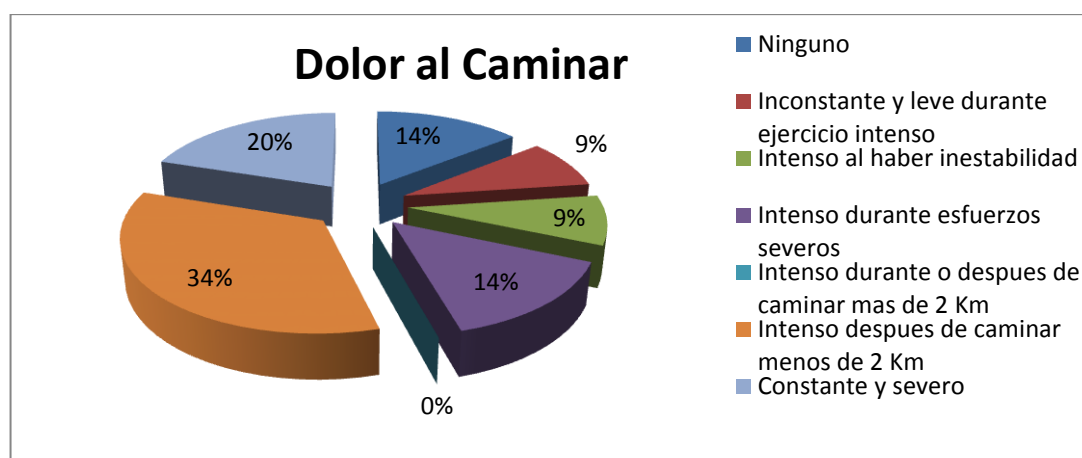
**Tabla Nº 12 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Pre tratamiento)**

Dolor al caminar	Frecuencia	Porcentaje
Ninguno	5	14%
Inconstante y leve durante ejercicio intenso	3	9%
Intenso al haber inestabilidad	3	9%
Intenso durante esfuerzos severos	5	14%
Intenso durante o después de caminar más de 2 Km	0	0%
Intenso después de caminar menos de 2 Km	12	34%
Constante y severo	7	20%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013

Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 2 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013

Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

### **Análisis:**

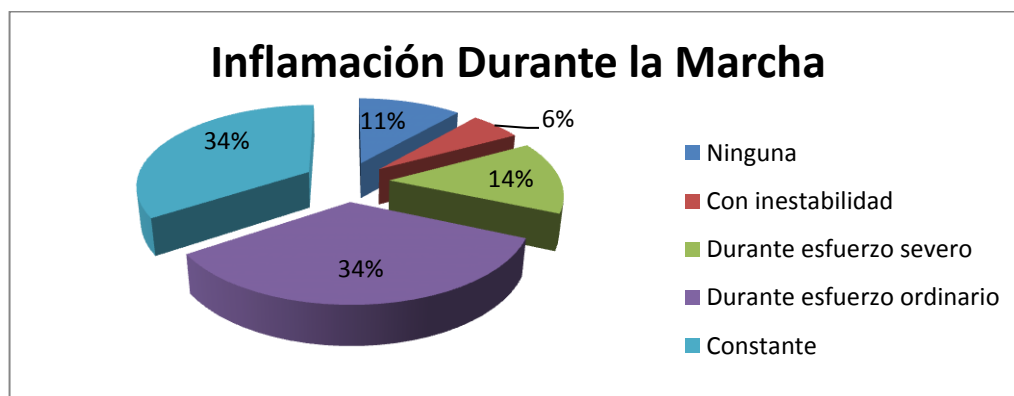
Antes de aplicar el tratamiento propuesto, el 14% del grupo estudiado no siente dolor al caminar, el 9% refiere inconstante y leve dolor durante ejercicio intenso, el 9% presenta dolor intenso al haber inestabilidad en el suelo, el 14% presenta dolor intenso durante esfuerzos severos, 0% puede caminar más de dos kilómetros debido al dolor, el 34% tiene dolor intenso después de caminar menos de dos kilómetros y el 20% del grupo estudiado tiene dolor constante y severo al caminar.

**Tabla N° 13 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Pre tratamiento)**

Inflamación durante la marcha	Frecuencia	Porcentaje
<b>Ninguna</b>	4	11%
<b>Con inestabilidad</b>	2	6%
<b>Durante esfuerzo severo</b>	5	14%
<b>Durante esfuerzo ordinario</b>	12	34%
<b>Constante</b>	12	34%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 3 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

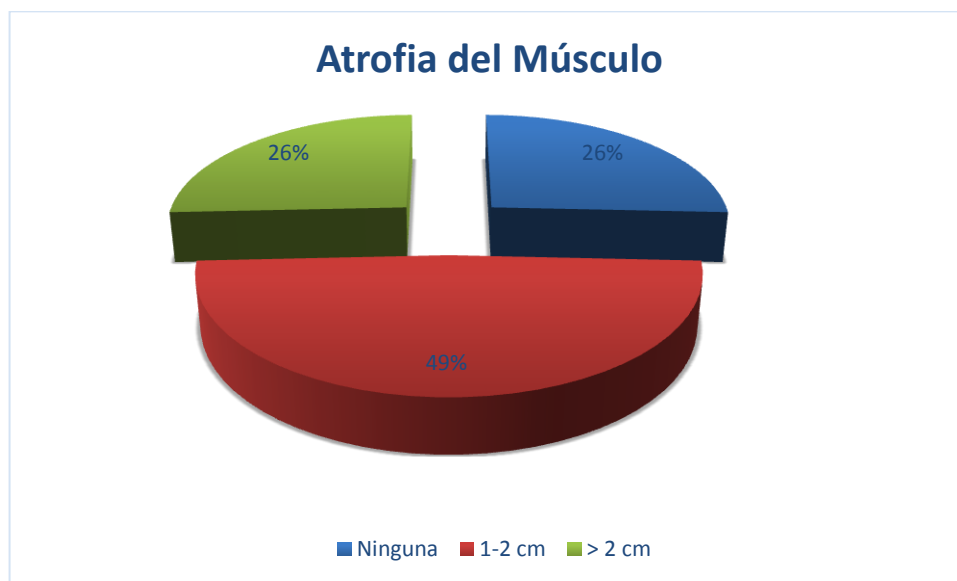
Antes de aplicar el tratamiento propuesto, el 11% del grupo estudiado no presenta inflamación al caminar, el 6% refiere inflamación cuando existe inestabilidad, el 14% presenta inflamación durante esfuerzo severo, el 34% presenta inflamación durante esfuerzo ordinario y el 34% del grupo estudiado presenta inflamación constante.

**Tabla Nº 14 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Pre tratamiento)**

<b>Atrofia de músculo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Ninguna</b>	9	26%
<b>1-2 cm</b>	17	49%
<b>&gt; 2 cm</b>	9	26%
<b>Total</b>	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 4 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Pre tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

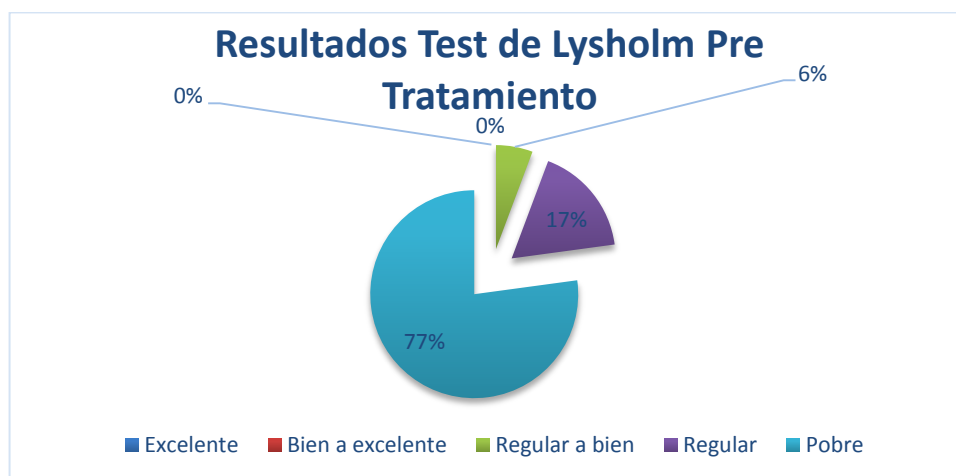
Antes de aplicar el tratamiento propuesto, el 26% del grupo estudiado no presenta atrofia muscular, el 49% presenta una disminución del volumen muscular de 1cm a 2 cm y el 26% presenta atrofia muscular mayor que 2 cm.

**Tabla Nº 15 Resultados Escala de Lysholm Test Pre Tratamiento**

Resultado Test de Lysholm Pre tratamiento	Frecuencia	Porcentaje
<b>Excelente</b>	0	0%
<b>Bien a excelente</b>	0	0%
<b>Regular a bien</b>	2	6%
<b>Regular</b>	6	17%
<b>Pobre</b>	27	77%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 15 Resultados Escala de Lysholm Test Pre Tratamiento**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

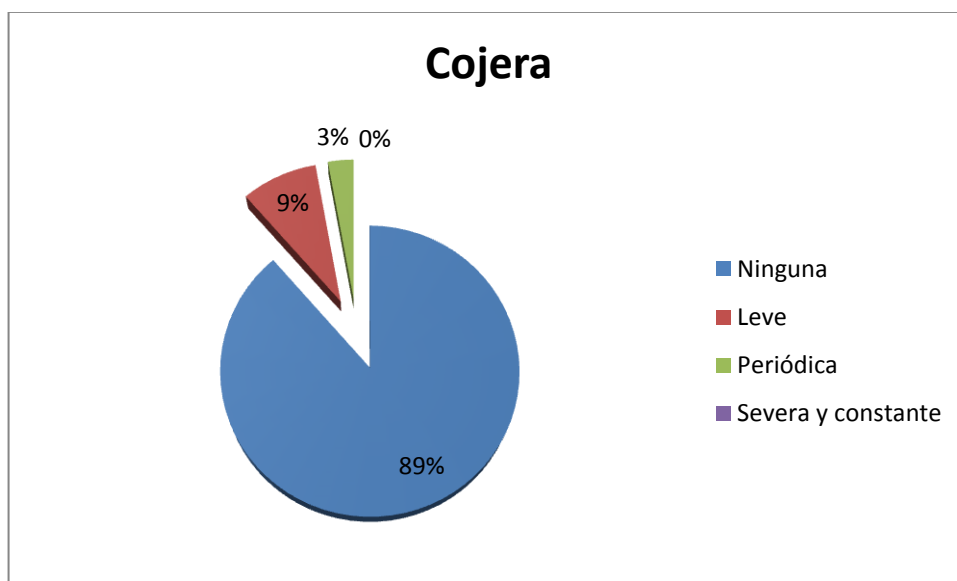
Antes de aplicar el tratamiento propuesto y de acuerdo a las calificaciones establecidas por "Lysholm Test", 0% del grupo estudiado califica excelente, 0% califica de bien a excelente, el 6% del grupo califica de regular a bien, 17% califica como regular y el 77%, es decir la mayoría de los pacientes tienen una calificación de pobre que equivale a mucha discapacidad según el "Lysholm Test".

**Tabla N° 16 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Post tratamiento)**

Cojera	Frecuencia	Porcentaje
Ninguna	31	89%
Leve	3	9%
Periódica	1	3%
Severa y constante	0	0%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 16 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la cojera que presenta el paciente. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M

**Análisis:**

Después de aplicar el tratamiento propuesto, el 89% del grupo estudiado no presenta cojera, el 9% presenta cojera leve, el 3% tiene cojera periódica y 0% del grupo de estudio presenta cojera severa y constante.

**Tabla Nº 17 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Post tratamiento)**

Carga	Frecuencia	Porcentaje
Carga completa	35	100%
Requiere bastón o muleta	0	0%
Imposible carga de peso	0	0%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 5 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la carga que tolera el paciente. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

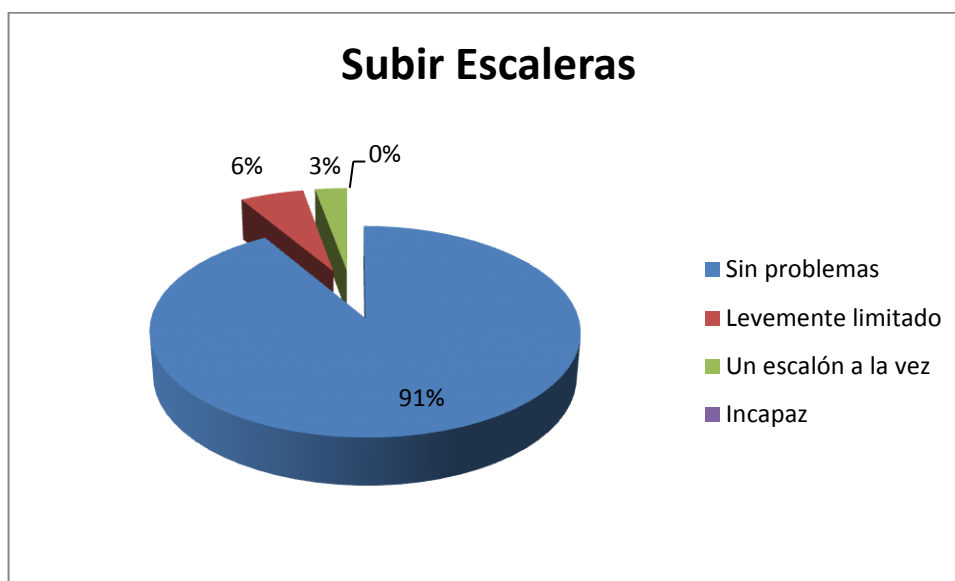
Después de aplicar el tratamiento propuesto, el 100% del grupo estudiado puede realizar la descarga completa del peso corporal en el miembro afectado.

**Tabla N° 18 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Post tratamiento)**

Subir escaleras	Frecuencia	Porcentaje
Sin problemas	32	91%
Levemente limitado	2	6%
Un escalón a la vez	1	3%
Incapaz	0	0%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 18 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para subir escaleras. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

Después de aplicar el tratamiento propuesto, el 91% del grupo estudiado puede subir escaleras sin problemas, el 6% del grupo está levemente limitado para realizar esta acción, el 3% puede subir un escalón a la vez y 0% del grupo estudiado está incapacitado para subir escaleras.

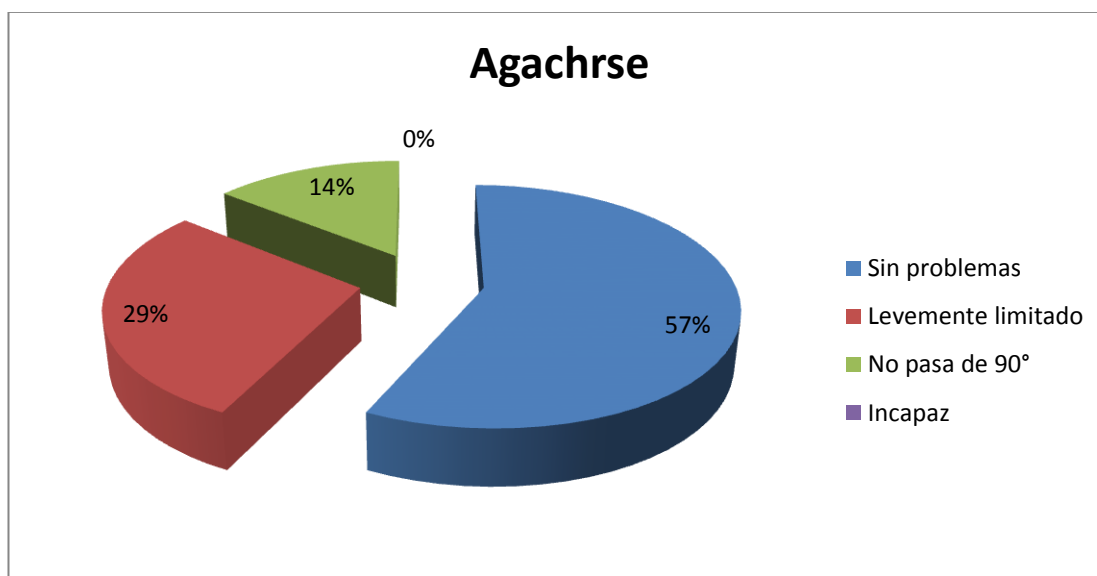


**Tabla N° 19 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Post tratamiento)**

Agacharse	Frecuencia	Porcentaje
Sin problemas	20	57%
Levemente limitado	10	29%
No pasa de 90°	5	14%
Incapaz	0	0%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 19 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según los problemas que tiene el paciente para agacharse. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

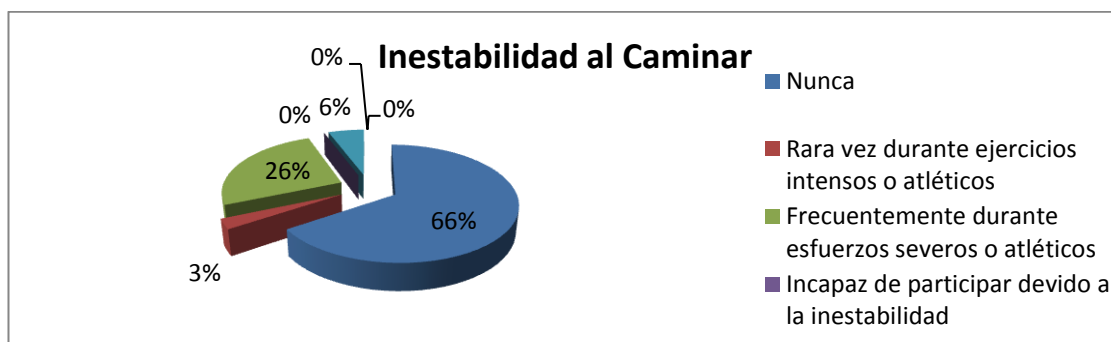
Después de aplicar el tratamiento propuesto, el 57% del grupo estudiado puede realizar la acción de agacharse sin problemas, el 29% está levemente limitado para realizar esta acción, el 14% no pasa de los 90° de flexión de rodilla y 0% del grupo estudiado está incapacitado para agacharse.

**Tabla N° 20 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Post tratamiento)**

Inestabilidad al caminar	Frecuencia	Porcentaje
<b>Nunca</b>	23	66%
<b>Rara vez durante ejercicios intensos o atléticos</b>	1	3%
<b>Frecuentemente durante esfuerzos severos o atléticos</b>	9	26%
<b>Incapaz de participar debido a la inestabilidad</b>	0	0%
<b>Ocasionalmente en actividades de la vida diaria</b>	2	6%
<b>Frecuentemente en actividades de la vida diaria</b>	0	0%
<b>Con cada paso</b>	0	0%
<b>Total</b>	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 20 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inestabilidad al caminar. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

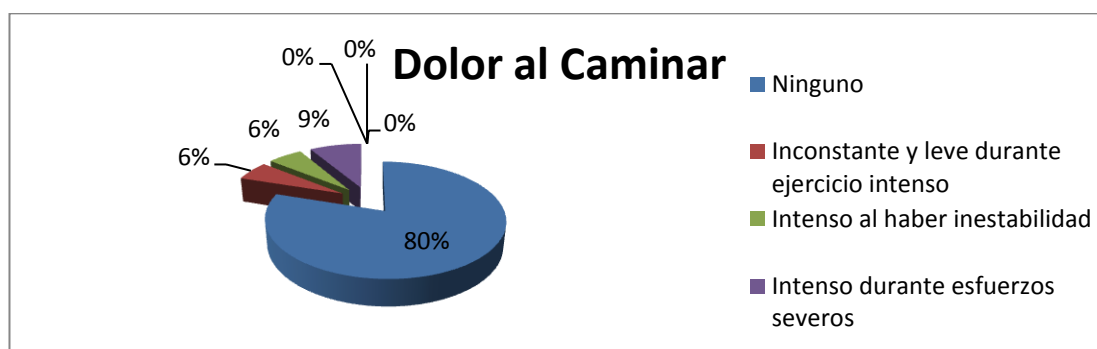
Después de aplicar el tratamiento propuesto el 66% del grupo estudiado no tienen inestabilidad al caminar, el 3% refiere inestabilidad rara vez durante ejercicio intenso, el 26% presenta inestabilidad frecuentemente durante esfuerzo severo, 0% está incapacitado para caminar debido a la inestabilidad, el 6% presenta inestabilidad ocasionalmente en actividades de la vida diaria, 0% presenta inestabilidad frecuentemente en actividades de la vida diaria y 0% del grupo estudiado presenta inestabilidad al caminar con cada paso.

**Tabla Nº 21 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Post tratamiento)**

Dolor al caminar	Frecuencia	Porcentaje
<b>Ninguno</b>	28	80%
<b>Inconstante y leve durante ejercicio intenso</b>	2	6%
<b>Intenso al haber inestabilidad</b>	2	6%
<b>Intenso durante esfuerzos severos</b>	3	9%
<b>Intenso durante o despues de caminar mas de 2 Km</b>	0	0%
<b>Intenso despues de caminar menos de 2 Km</b>	0	0%
<b>Constante y severo</b>	0	0%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 6 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según el dolor al caminar. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

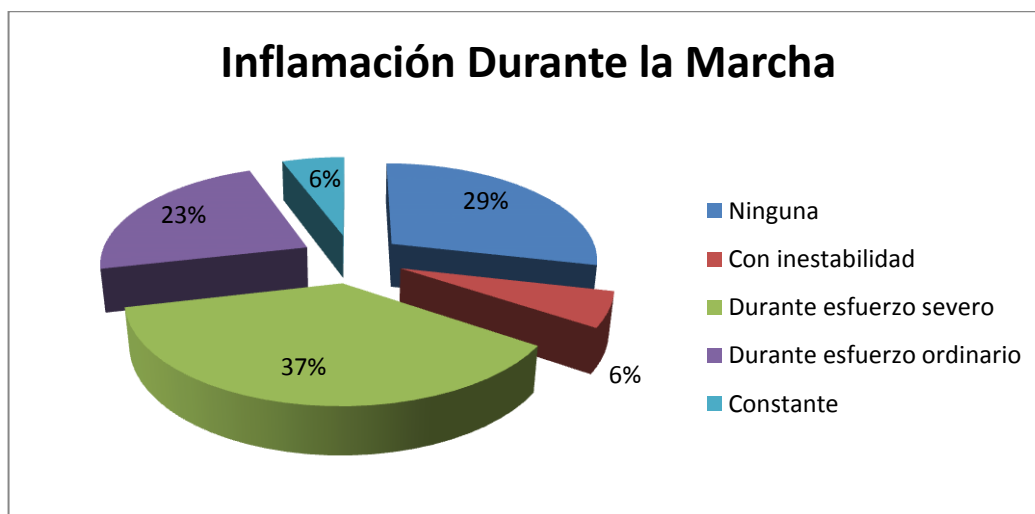
Después de aplicar el tratamiento propuesto, el 80% del grupo estudiado no sienten dolor al caminar, el 6% refiere inconstante y leve dolor durante ejercicio intenso, el 6% presenta dolor intenso al haber inestabilidad en el suelo, el 9% presenta dolor intenso durante esfuerzos severos, 0% siente dolor al caminar más de dos kilómetros, 0% tiene dolor intenso después de caminar menos de dos kilómetros y 0% del grupo estudiado presenta dolor constante y severo al caminar.

**Tabla N° 22 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Post tratamiento)**

Inflamación durante la marcha	Frecuencia	Porcentaje
Ninguna	10	29%
Con inestabilidad	2	6%
Durante esfuerzo severo	13	37%
Durante esfuerzo ordinario	8	23%
Constante	2	6%
Total	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico N° 7 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la inflamación que presentan durante la marcha. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

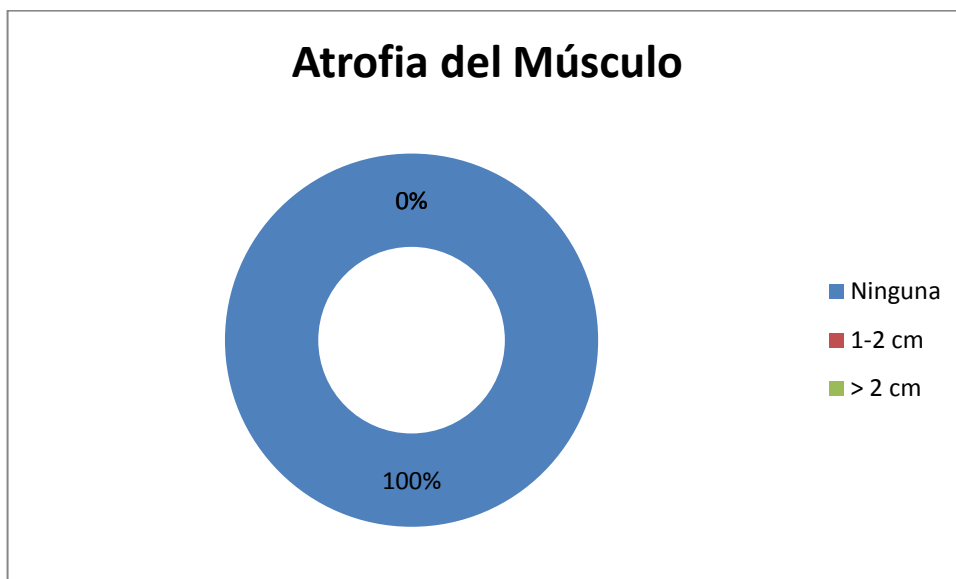
Después de aplicar el tratamiento propuesto, el 29% del grupo estudiado no presentan inflamación al caminar, el 6% refiere inflamación cuando existe inestabilidad, el 37% presenta inflamación durante esfuerzo severo, el 23% presenta inflamación durante esfuerzo ordinario y el 6% del grupo estudiado presenta inflamación constante.

**Tabla Nº 23 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Post tratamiento)**

<b>Atrofia de musculo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Ninguna</b>	35	100%
<b>1-2 cm</b>	0	0%
<b>&gt; 2 cm</b>	0	0%
<b>Total</b>	35	100%

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Gráfico Nº 8 Distribución clínica Escala de Lysholm Test según la atrofia del músculo. (Post tratamiento)**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

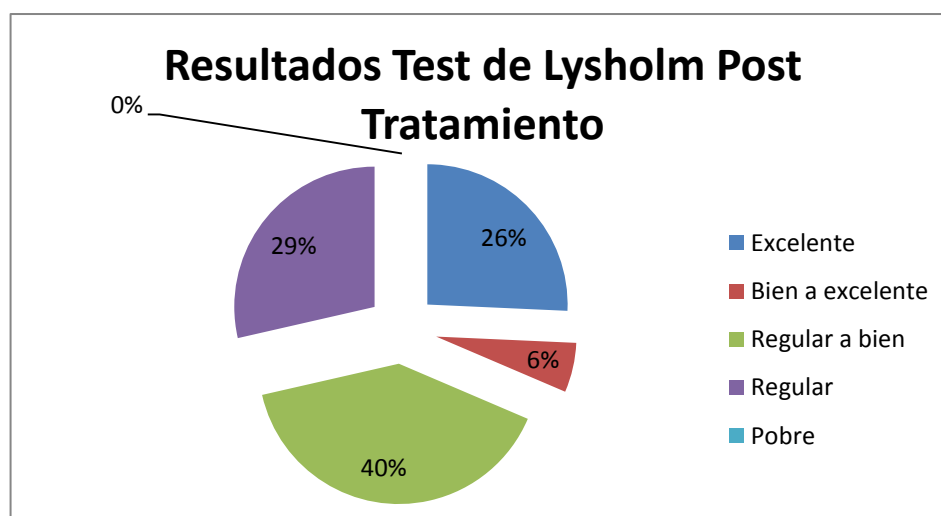
Después de aplicar el tratamiento propuesto, 0% del grupo estudiado presenta atrofia muscular.

**Tabla Nº 24 Resultados Escala de Lysholm Test Post Tratamiento**

Resultado Test de Lysholm Post tratamiento	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	9	26%
Bien a excelente	2	6%
Regular a bien	14	40%
Regular	10	29%
Pobre	0	0%
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>100%</b>

Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M

**Gráfico Nº 24 Resultados Escala de Lysholm Test Post Tratamiento**



Fuente: H.S.V.P 2013  
 Responsables: Pinto O. Rodríguez M.

**Análisis:**

Después de aplicar el tratamiento propuesto y de acuerdo a las calificaciones establecidas por "Lysholm Test", el 26% del grupo estudiado tiene la calificación de excelente que se considera como ausencia de discapacidad, el 6% califica de bien a excelente, de regular a bien califica el 40% del grupo, el 29% califica como regular y 0% del grupo estudiado califica como discapacidad.

## 4.2 Discusión de Resultados

En cuanto a la frecuencia de la aparición de la lesión del ligamento cruzado anterior se pudo determinar que la mayor incidencia está comprendida entre las edades de 15 a 25 años debido a que a las personas que cursan por esta etapa de la vida son más activos y realizan mayor cantidad de actividades de riesgo para sufrir esta lesión. La población entre 46 y 55 años tiene menos probabilidades de sufrir una lesión del ligamento cruzado anterior ya que en estas edades a las personas se les relega a realizar actividades menos duras.

En esta investigación se obtuvo como resultado que en cuanto a género, el 83% del grupo estudiado corresponde al género masculino y el 17% corresponde al género femenino lo cual nos indica que los hombres están expuestos a mayor riesgo físico ya que la mayoría de pacientes encuestados indican que la lesión la sufrieron practicando deportes de contacto, mientras que las mujeres se dedican a actividades menos pesadas y las posibles causas para que se lesionen el LCA son las diferencias anatómicas, la morfología de la articulación de la rodilla, las dimensiones pélvicas, el entrenamiento y el estado hormonal. También se ha considerado la menor protección que ejercen los músculos sobre los ligamentos de la rodilla.<sup>36</sup> No hay que olvidar que las mujeres muestran una menor rigidez articular de la rodilla en respuesta a las menores magnitudes de torsión que deben soportar en relación a los hombres.<sup>(37)</sup>

En cuanto a las actividades que realizan los usuarios llegamos a concluir que el 51% del grupo estudiado realiza actividad laboral, el 43% son estudiantes y el 6% se dedica a la actividad doméstica. En el universo

---

<sup>36</sup>Wojttys EM, Huston LJ, Schock HJ, Boylan JP, Ashton-Miller JA. Gender differences in muscular protection of the knee in torsion in size-matched athletes. *J Bone Joint Surg (Am)* 2003; 85-A:782-9.

<sup>37</sup>Schmitz RJ, Ficklin TK, Shimokochi Y, Nguyen A-D, Beynon BD, Perrin DH et al. Varus/valgus and internal/external torsional knee joint stiffness differs between sexes. *Am J Sports Med* 2008; 36:1381-8.

estudiado los deportes son los que tienen la mayor prevalencia para lesionar el LCA con un 49% de los casos, principalmente el fútbol, que implica saltos, contactos y cambios bruscos de posición que exponen al ligamento a una carga excesiva, seguido por los accidentes de tránsito con un 31%, la actividad laboral está implicada en el 11% de los casos y finalmente las actividades de la vida diaria con un 9%.

En cuanto a los resultados del "Lysholm Test" los pacientes indican una mejoría en la cojera. Antes de aplicar el tratamiento el 17% de pacientes no presentaban cojera y luego de aplicar el tratamiento el 89% de los pacientes no presentan cojera.

En la carga que soportan: antes de aplicar el tratamiento el 29% de pacientes podían descargar su peso en el miembro afectado y después de aplicar el tratamiento todos los pacientes pueden realizar la descarga completa de peso en su miembro afectado, es decir el 100% de pacientes ha mejorado.

Para subir escaleras, el 11% de los pacientes lo hacen sin problemas antes de aplicar el tratamiento y luego de aplicado el tratamiento, el 91% de pacientes lo hacen sin problemas.

El 11% de los pacientes pueden agacharse sin problemas antes de aplicar el tratamiento y después de aplicarlo aumenta la cantidad de pacientes que no tienen problemas para agacharse a 57%.

En la inestabilidad al caminar previo tratamiento el 11% de pacientes se sienten cómodos caminando y no refieren inestabilidad y el 66% de los pacientes no la sienten después del tratamiento. Antes del tratamiento el 20% de pacientes eran incapaces de caminar debido a la inestabilidad logrando disminuir a 0% de pacientes incapaces de caminar luego del tratamiento.



Respecto al dolor al caminar, antes de aplicar el tratamiento el 20% de pacientes sufrían de un dolor constante y severo y luego del tratamiento el 80% de pacientes no sienten ningún dolor al caminar y solo el 9% indican que sienten dolor con esfuerzos severos.

En la inflamación durante la marcha se observó que antes de aplicar el tratamiento el 11% no tienen inflamación durante la marcha pero luego de aplicar el tratamiento sube la cantidad de pacientes con inflamación a 29% debido a la actividad física más agresiva que se realiza en el tratamiento.

La atrofia muscular de los pacientes después de aplicar el tratamiento es de 0%, ningún paciente tiene atrofia muscular.

En general la mejoría de los pacientes es evidente. Demostrando con las calificaciones del Lysholm Test que antes del tratamiento existía un 77% de pacientes con discapacidad y después de aplicar el tratamiento, ningún paciente tiene discapacidad, se mejoró de 0% a 26% los pacientes que no presentan discapacidad, de 0% a 6% pacientes que califican de bien a excelente, de 6% a 40% pacientes que califican de regular a bien y con calificación regular se mejoró de 17% a 29% de los pacientes. Así que el tratamiento sinérgico de los ejercicios de acondicionamiento físico más los efectos terapéuticos de la laserterapia son efectivos en el tratamiento postquirúrgico por insuficiencia del ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación.

### **4.3 Respuestas a las preguntas de investigación**

**¿Cuál es el protocolo fisioterapéutico basado en la combinación de láser y ejercicios de acondicionamiento físico para el tratamiento post reparación del ligamento cruzado anterior en etapa intermedia de rehabilitación?**

El objetivo de este protocolo es optimizar el tratamiento en la etapa intermedia de rehabilitación, mediante una serie de ejercicios de acondicionamiento físico combinados con laserterapia para disminuir el tiempo de rehabilitación y apresurar la reincorporación a las actividades normales, previas a la lesión.

El protocolo fue ejecutado siguiendo el siguiente esquema de trabajo:

Se diseñó un programa de cuatro semanas de aplicación de ejercicios para mantener la aptitud física, el fortalecimiento muscular y la mejora del sistema cardiovascular para desarrollar habilidades atléticas, aumento de la fuerza, la velocidad, la resistencia, la coordinación, la elasticidad y la flexibilidad, y se combinó con la aplicación del láser en rodilla para dar analgesia en la zona irradiada, anti inflamatoria, anti edematoso y ayuda a cicatrizar las heridas y traumatismos en diversos tejidos.

Se aplicó laser de he-ne en modo puntual, 4 puntos de acupuntura por 16 minutos, (4 minutos en cada punto ), 5 veces por semana en rodilla, dosis de 5 y 8 J/cm. 150 hz.

**Protocolo de tratamiento fisioterapéutico en lesión de ligamento cruzado anterior, basado en ejercicios de acondicionamiento físico y laser terapia**

El Calentamiento consistió en realizar un ejercicio que provoque un aumento de la temperatura muscular, de ese modo prevenimos posibles lesiones.

Caminadora

Tiempo: 10 minutos

Velocidad: 5 mph ( 8, 04 kph)

**Los Estiramiento musculares**, estos fueron de mucha ayuda debido a que preparan los músculos para un mayor esfuerzo y para aumentar el rango de movimiento en las articulaciones, primero empezamos en dirección céfalo caudal y concluimos con miembro inferior.

Los movimientos de cabeza se iniciaron inclinando la cabeza hacia un lado, hacia el otro, cabeza hacia el pecho y hacia atrás, realizando 5 repeticiones por cada lado del cuello.

El estiramiento de brazos se realizó de pie, con las piernas semi abiertas con un brazo elevado a la altura del hombro, Se le pidió al paciente que tome el brazo a la altura del codo con la otra mano, y tirar de él hacia atrás, hacer lo mismo con el otro. Se las realizan 10 repeticiones manteniendo 5 segundos en cada brazo.

El estiramiento de tronco se lo realizo De pie con las piernas estiradas, te pidiéndole al paciente flexionar el tronco hacia delante y tocar los dedos de los pies con las manos, Se las realizan 10 repeticiones de 5 segundos

En el estiramiento de Cuádriceps el paciente se sujetó la parte posterior del pie con la mano, tirando de él lentamente hacia las nalgas. Se las realizan 10 repeticiones de 5 segundos en cada pierna

En el estiramiento de Isquiotibiales le pedimos al paciente que se Apoye una pierna en alto con una flexión de rodilla de unos 90° mientras que la otra la mantiene algo atrasada, llevo la cadera lentamente hacia adelante, durante 5 segundos. Después cambiamos de pierna. Se las realizan 10 repeticiones de 5 segundos en cada pierna

## **Fuerza**

La fuerza permite obtener diversas adaptaciones como el agrandamiento muscular, reducción de la proporción masa muscular y grasa corporal.

Para ganar fuerza se realizan los siguientes ejercicios

Realizamos Sentadillas Colocando las piernas con una separación igual al ancho de los hombros, con el peso del cuerpo balanceado sobre ambas piernas. Baja el cuerpo hasta que las caderas y los muslos se encuentren en posición paralela al suelo, sin despegar los talones, se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

Banda elástica: (Se puede realizar el ejercicio en posición horizontal, sentados o parado) En todo momento la columna y la espalda deben estar rectas, evitando flexiones o curvaturas que desfavorezcan la realización del ejercicio.

Colocamos la banda en el pie, encojemos y estiramos el pie con la banda elástica, se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

Realizamos elevación de caderas, paciente Recostado boca arriba, con las piernas flexionadas, eleva la cadera y coloca tus manos en el suelo, hasta que el cuerpo quede elevado, se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

Mesa de cuádriceps: Se eleva la pierna a 90 grados con relación a la cadera y se mantiene la posición por 5 segundos. Se vuelve a la posición inicial y relaja las piernas antes de repetir, se las realiza en 2 series de 10 repeticiones.

Los Abdominales Se realizaron con el paciente acostado en el suelo con los brazos estirados sobre la cabeza y las piernas rectas. Luego levanta las manos y la parte superior de tu cuerpo, hasta la cintura, y también las piernas sin tocar el suelo, se las realiza en 3 series de 10 repeticiones

**Los ejercicios de Resistencia** nos ayudaron a que el paciente pueda tener una duración durante la realización de un ejercicio, mezclando la buena respiración con la correcta ejecución, logrando así, mantener una actividad física por mucho tiempo.

Caminadora elíptica

Tiempo: 10 minutos

Velocidad: gradual

**El Láser** fue usado como terapia que induce la regeneración de las células locales, con los siguientes efectos terapéuticos

- Acción trófica y regeneración hística.
- Acción antiinflamatoria.
- Acción analgésica.

Modo puntual: 4 puntos alrededor de la rótula

Tiempo: 16 minutos

Duración: 4 minutos por punto

Dosis: entre 5 y 8 J/cm<sup>2</sup>

El láser se aplicará de cubito supino

**¿Cómo evaluar la función del ligamento cruzado anterior en pacientes sometidos a una reparación quirúrgica basándose en el test de LYSHOLM?**

El Test de Lysholm es una escala creada por Lysholm y Gillquist en 1980, que consiste en 8 ítems que miden las discapacidades de los pacientes con alteraciones de rodilla (cojera, carga, subir escaleras, agacharse, inestabilidad al caminar, dolor al caminar, inflamación durante la marcha y trofismo del músculo). El evaluador debe observar y hacer preguntas

específicas, y responder según lo que muestra o refiere el paciente (la escala no es auto-administrada)

En sus comienzos, fue utilizado sólo en atletas durante el proceso post-quirúrgico de los ligamentos de la rodilla, pero en la actualidad es una de las escalas más difundidas a nivel internacional, siendo empleado como cuestionario de disfunciones generales de la rodilla, en mujeres y hombres de cualquier edad, sanos o pacientes. La duración de aplicación es de 4 minutos aproximadamente.

Cada ítem tiene un puntaje diferente. El rango de puntaje final se extiende de 0 a 100 puntos, entre 98 y 100 se considera ausencia de discapacidad, y bajo 68 se interpreta como mucha discapacidad. Está validado (no hay efectos cielo y suelo) y traducido al inglés, sueco y español.

En esta investigación el test se efectuó dos veces, antes y después del tratamiento propuesto. A partir de los datos recopilados después de aplicar el test de Lysholm: pre tratamiento y post tratamiento. Se construyó una planilla de datos en el programa Software Microsoft Excel XP de Windows. Dentro de las herramientas estadísticas descriptivas a utilizar se incluyen: frecuencias, porcentajes y gráficos, de los resultados obtenidos del test. En el presente estudio se encontró una mediana de LysholmScore de 88, lo que corresponde a una calificación funcional del Ligamento Cruzado Anterior de "Regular a Bien".

En general la mejoría de los pacientes es evidente.

Demostrando con los resultados de la comparación de la Escala de Lysholm Test que antes del tratamiento existían veintisiete pacientes con calificación pobre según la escala, lo que representaría discapacidad y después de aplicar el tratamiento ningún paciente tiene discapacidad.

En la calificación regular: antes del tratamiento existieron seis pacientes, y después del tratamiento diez pacientes calificaron regular según Lysholm test, es decir cuatro personas más.

En la calificación regular a bien: se evidencio una mayor cantidad de pacientes que presentaron mejoría. Antes de aplicar el tratamiento existieron dos pacientes que calificaron así, y después del tratamiento existieron catorce pacientes con esta calificación.

En la calificación bien a excelente: antes del tratamiento ningún paciente, después del tratamiento dos pacientes.

Nueve pacientes lograron calificar excelente en el test de Lysholm después de aplicar el tratamiento.

Dentro de los ítems el 89% no presenta cojera, el 100% soporta carga completa, el 91% puede subir escaleras sin problemas, el 57% puede agacharse sin problemas, el 66% no presenta inestabilidad al caminar, 80% se encuentra libre de dolor y el 29% sin inflamación durante la marcha y el 100% no tienen atrofia muscular.

Producto del análisis independiente de cada uno de los indicadores de funcionalidad, se puede aseverar que los pacientes en promedio se encuentran en un estado funcional óptimo para el tiempo de evolución post-cirugía en el que se encuentran.

**¿Qué beneficios nos brindará la aplicación de la combinación de laserterapia y de ejercicio de acondicionamiento físico en la etapa intermedia de rehabilitación, para el tratamiento post reparación del ligamento cruzado anterior?**

Existe una serie de ejercicios que aplicados simultáneamente con laserterapia proporcionan un conjunto de beneficios deseados en la etapa intermedia de rehabilitación tras una reparación quirúrgica del ligamento cruzado anterior.

Los beneficios del láser combinado con ejercicios de acondicionamiento físico son:

- Aceleración de los procesos de recuperación
- Alivio del dolor
- Completar el arco de movilidad alcanzando la flexión y la hiperextensión
- Mejora la estabilidad de la rodilla
- Fortalecer la musculatura del miembro afectado
- Mejorar la propiocepción
- Mejora la función muscular
- Recuperar el patrón de marcha
- Influencia sobre la elasticidad de músculos y tendones
- Influencia sobre el sistema muscular
- Mejora sobre la velocidad
- Aumenta la resistencia
- Mejora de la función respiratoria
- Mejora la función circulatoria
- Influencia sobre el sistema articular
- Prevención de lesiones crónicas



#### **4.4 Validación y Confiabilidad**

Para la validación y confiabilidad del contenido de esta investigación, se realizó la convalidación de la estructura y contenido del cuestionario de preguntas que fue aplicado a los pacientes del Hospital San Vicente de Paúl para lo cual se adjunta el certificado otorgado por el médico tratante responsable de la evaluación diagnóstico y tratamiento médico Dra. Gladys Cisneros, como de la responsable del área de rehabilitación del HSVP. El Licenciado Luis Chipantasiy Lic. Iván Mejía quienes a demás de la revisión bibliográfica hicieron el seguimiento de la terapéutica aplicada a los pacientes que asistieron al centro para el tratamiento. Ver Anexos

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Se evidenció que el 83% de los pacientes que pertenecen al género masculino están más expuestos a tener esta lesión ya sea por el tipo de trabajo o su dedicación al deporte, lo contrario al género femenino que se dedican a actividades menos pesadas y por ende disminuye el riesgo de una lesión y la edad con mayor incidencia está comprendida entre los 15 y los 25 años debido a que en esta etapa de la vida las personas son más activas.
  
- Se pudo concluir que los pacientes que llegaron al inicio del programa con un dolor intenso, manifestaron que después de recibir el tratamiento propuesto tuvieron una mejoría considerable al realizar actividades de la vida diaria, de igual manera todos superaron la atrofia muscular, esto nos arroja resultados positivos dentro de la investigación.
  
- Se observó que la aplicación de laser en la rodilla permite el paciente alivie su dolor ya que este actúa como analgésico, anti inflamatorio, anti edematoso y ayuda a cicatrizar las heridas y traumatismos en diversos tejidos mientras que la técnica del estiramiento produce efectos tanto al nivel físico como al nivel neurológico, como uno de los ejes de las técnicas aplicadas con las cuales proporcionan excelentes resultados en la rehabilitación de pacientes de terapia física. La técnica de estiramiento y laserterapia son propicias aplicar en la etapa intermedia del paciente luego de una intervención quirúrgica

- Pudimos observar que el tratamiento aplicado fue de gran impacto ya que al principio teníamos un 77% de pacientes con discapacidad y después de aplicar el tratamiento, ningún paciente tiene discapacidad, con esto mejoro la calidad de vida del paciente y desempeño en las actividades de la vida diaria, se mejoró del 0% a 6 % con resultados de bien a excelente, donde manifestaron gran mejoría y al 6% a 40% con un resultado de regular a bien y con calificación regular se mejoró de 17% a 29% de los pacientes, a pesar de esta minoría, los resultados generales del tratamiento son alentadores lo que indica que el protocolo de rehabilitación establecido en este estudio fue adecuado.

## **5.2 Recomendaciones**

- Dar mayor apertura a tratamientos en los que intervenga el acondicionamiento físico ya que este actúa en todo el cuerpo no solo en la parte afectada y así brindar una mejora del sistema cardiovascular, para obtener una mejor resistencia, sumado al fortalecimiento muscularla, y aumento de la fuerza. Todo esto provocaran reacciones como la coordinación, la elasticidad y la flexibilidad.
- Se recomienda a los pacientes la técnica de ejercicios de acondicionamiento físico y laserterapia para la agilidad en la recuperación y al mismo tiempo la mejora en la coordinación muscular, disminución del dolor y el aumento del rango de movimiento
- Es necesario la constancia y perseverancia de los pacientes, Seguir en forma correcta el protocolo de rehabilitación, respetando los tiempos de pausa y de trabajo, plan que requiere ser aplicado con responsabilidad para lograr efectividad del tratamiento, por lo tanto

como condición necesaria se demanda de la disciplina del paciente para garantizar la efectividad de las técnicas aplicadas.

### 5.3 Glosario de términos

**Articulación:** En anatomía, una articulación es el medio de contacto que hace a la unión entre dos o más huesos próximos. La parte de la anatomía que se encarga del estudio de las articulaciones es la artrología.

**Artritis:** Síndrome de inflamación de las articulaciones, caracterizada por dolor, limitación de movimientos, hinchazón y calor local, debido a una gran variedad de enfermedades subyacentes.

**Artroscopia:** La artroscopia es un tipo de endoscopia. Consiste en la visualización de una articulación, como puede ser la rodilla, con el fin de observar el menisco y el resto de su anatomía interna.

**Artrosis:** La artrosis es una enfermedad producida por el desgaste del cartílago, un tejido que hace de amortiguador protegiendo los extremos de los huesos y que favorece el movimiento de la articulación. Es la enfermedad reumática más frecuente, especialmente entre personas de edad avanzada.

**Auto educarse:** Es saber que se necesita para reaccionar ante tal circunstancia. Estar alerta.

**Bursa:** Una bursa (del latín bursa, "bolsa") o bolsa sinovial es un saco lleno de fluido forrado por membrana sinovial con una capa capilar interior de fluido viscoso (similar a la clara de un huevo). Proporciona un cojín entre los huesos, tendones y/o músculos alrededor de una articulación.

**Bursitis:** Inflamación de las bolsas serosas que hay en las zonas de contacto entre músculos, tendones y huesos en las articulaciones. Diversos traumatismos, como golpes, roces continuos o sobrecargas pueden provocar la inflamación de estas bolsas y causar la bursitis. En ocasiones puede estar implicada una artritis o una infección de la zona.

**Cartílago:** El tejido cartilaginoso es un tipo de tejido conectivo altamente especializado, formados por células condrógenas (condrocitos y condroblastos), fibras colágenas, elásticas y matriz extracelular. El tejido cartilaginoso es parte del páncreas embrionario.

**Cóndilo:** Un cóndilo es la cabeza, eminencia o protuberancia redondeada en la extremidad de un hueso que encaja en el hueco de otro para formar una articulación. La superficie articular del cóndilo es convexa en dos direcciones y la del hueso que lo recibe es cóncava en dos direcciones.

**Esclerosis:** La esclerosis (del griego sklerós, al español, "duro") es un endurecimiento del órgano o tejido debido a un incremento de los tejidos conjuntivos. La esclerosis es, por lo tanto, una enfermedad que deriva de otra, no es una enfermedad autónoma.

**Fisura:** Grieta o abertura que se hace en un cuerpo sólido, especialmente en un hueso.

**Fractura:** Una fractura es la pérdida de continuidad normal de la sustancia ósea. La fractura es una discontinuidad en los huesos, a consecuencia de golpes, fuerzas o tracciones cuyas intensidades superen la elasticidad del hueso.

**Gonartrosis:** Afección artrítica de la rodilla debida a la degeneración o a un trauma.

**Inflamación:** La inflamación (del latín inflammatio: encender, hacer fuego) es la forma de manifestarse de muchas enfermedades. Se trata de una respuesta inespecífica frente a las agresiones del medio, y está generada por los agentes inflamatorios.

**Ligamento:** Un ligamento es una estructura anatómica en forma de banda, compuesto por fibras resistentes que conectan los tejidos que unen a los huesos en las articulaciones. En pocas palabras es una banda fibrosa resistente que confiere estabilidad a la articulación.

**Luxación:** Una luxación es toda lesión cápsulo-ligamentosa con pérdida permanente del contacto de las superficies articulares, que puede ser total (luxación) o parcial (subluxación).

**Osteofito:** Prolongaciones óseas en forma de picos que se dan en los huesos artrósicos.

**Paracentesis:** La paracentesis es un procedimiento médico caracterizado por punción quirúrgica hecha en una cavidad orgánica para evacuar la serosidad acumulada.

**Proliferación:** es la acción y efecto de proliferar. Este verbo refiere a multiplicarse con abundancia o a reproducirse en formas similares.

**Tendón:** Una banda o cuerda dura de tejido denso, blanco y fibroso que conecta un músculo a un hueso; un tendón transmite la fuerza ejercida por un músculo.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Achauer BM. Láser en cirugía plástica: la práctica actual.-Plast Reconstr Surg. Abril2007; 99 (5) :1442-50.
- 2 Agaiby AD, Ghali LR, Wilson R.y M.Dyson, la modulación del laser de la producción de factores angiogénicos por los linfocitos T, LaserSurg. Med. 2000; 26:357-63.
- 3 Aggarwall BB, Quintanilha AT,Cammack R,L.Parker Daños en el transporte de electrones mitocondrial y el acoplamiento de energía en luz visible. Biochem Biophys Acta 2008; 502:367-82.
- 4 Al-Awami M.,M.Schillinger, Maca T.,et al.:Terapia con láser de baja intensidad para el tratamiento del fenómeno de Raynaud primario y secundario.VASA, 2004, 33, p. 25-9.AI-Watban FAH, Zhang Z. Dosimetry-related wound healing response in the rat model following helium neon laser LL LT. Laser Ther 2004; 6:119-24.
- 5 Arce Morera E, Valenzuela Álvarez E, González Ferrer M, Hernández Méndez J, Trápaga Mora I. Utilización de laserpuntura en úlceras de miembros inferiores. Rev Cubana Cir 2001; 40(2):130-3.
- 6 Astrand - Rodahl, Fisiología del Trabajo Físico, 3ª Edición 2002 Editorial Panamericana
- 7 Astrand - Rodahl, Fisiología del Trabajo Físico, 3ª Edición 2002 Editorial Panamericana
- 8 Astrand - Rodahl, Fisiología del Trabajo Físico, 3ª Edición 2002 Editorial Panamericana
- 9 Berkerman H.y cols. La eficacia de la terapia con láser para la piel Trastornos musculoesqueléticos y un meta-análisis de estudios aleatorizados basado en criterios. Los ensayos clínicos. Phys.Ther 2002; (72) :483-91.
- 10 Bogoliubov VM, Zubkov SM. Los medios para la optimización de los parámetros de exposición fisioterapéuticos. Vopr-Kurortol-Fizioter-Lech-Fiz-Kult. 2008 Mar-Apr (2) :3-6.

- 11 Centro Documentación Láser «La práctica aplicada en la terapéutica Láser». Gráficas Canigó. Mallorca Barcelona, 2011
- 12 Cromer AH. Física para las ciencias de la vida. 2 ed. Barcelona: Reverté; 2004:217-22.
- 13 Dickson GR , Clingen H , Jordania GR , Linton T. El efecto de la terapia con láser de baja intensidad en la expresión de fosfatasa alcalina durante la reparación de la fractura . Láser Ther 2004 ; 6:16-7 .
- 14 Dotson RM . Neurofisiología Clínica pruebas de laboratorio para evaluar el sistema nociceptivo en los seres humanos . J - Clin - Neurophysiol . Ene 2007 ; 14 ( 1 ) :32 - 45 .
- 15 Enwemeka ChS , Cohen - Kornberg E, Duswalt EP , Weber DM , Rodríguez IM . Efectos bioquímicos de tres períodos diferentes de fotoestimulación con láser Gaal tendones tenotomized . Láser Ther 2004 ; 6:181-8 .
- 16 Galimzianov FV . Los potenciales de láser y terapia electromagnética - láser en el tratamiento de pacientes con arteriosclerosis obliterante de los vasos de las extremidades inferiores . Vestn - Khir -Im -I- I- Grek .2006 ; 155 ( 5 ) :37 - 9 .
- 17 Gaman AN, Thorsen H y cols .El efecto de la terapia con láser de bajo nivel en el dolor músculo-esquelético : un meta -análisis. Pain 2003 ; ( 52 ) :63 - 6 .
- 18 Glinkowski W , Rowinsky J. Efecto de los bajos niveles de incidencia de la energía láser de infrarrojos en la curación de fractura ósea experimental . Laser Ther 2005 ; 7:67-70 .
- 19 Guyton , Tratado de Fisiología Médica , 8<sup>a</sup> Edición 1991 Editorial Interamericana Mc Graw Hill
- 20 Guyton , Tratado de Fisiología Médica , 8<sup>a</sup> Edición 1991 Editorial Interamericana Mc Graw Hill
- 21 RM Rebaño, Dover JS, Arndt KA .Principios básicos láser . Dermatol - Clin . 2007 Jul ; 15 ( 3 ) : 355 -72 .



- 22 Karu T, Andreichuk T, Ryabykh T. Supresión de la sangre humana quimioluminiscencia mediante irradiación láser de diodo en longitudes de onda 660 , 820, 880 o 950 nm . Laser Therapy 2009 , 11 ( 3 ) :114 - 8 .
- 23 Karu T. Mecanismos de interacción de la luz visible monocromática con las células .Proc SPIE 2005 , 2630:2-9 .Karu T. Molecular mechanisms of the therapeutic effect of low-intensity laser radiation. Laser Life Sci 2008; 2:53-74.
- 24 Oailliet, R. : “Dolor e incapacidad funcional de la rodilla”. Ed: Ancora (Versión Española). 2011.
- 25 Pimentel Lluís C, Puig A. A. Vitíligo, Despigmentación cutánea, Rehabilitación 2002; 16(04): 61-8.
- 26 Pourreau-Schneider N., Ahmed A., Soudry M., Jacquemier J., Koop F., Franquin J.C., et. al., Helium-neon Laser Treatment Transform Fibroblast into Myofibroblast, Am. J. Pathol. 2010; 137:171-8.
- 27 Am. 2006 Dec; 29(6):893-914.
- 28 Rigan J, Trelles MA. Sun ChH, Berns MW. Influence of low incident levels of laser energy on the behaviour of human fibroblasts in vivo and in vitro. Laser Ther 2004; 6:11.
- 29 Rioja J. et al.: Nueva sistematización del tratamiento de la parálisis facial periférica. Rehabilitación, 2003,27(4):276-84.
- 30 Rioja JT. Electroterapia y electrodiagnóstico. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Valladolid. D.L. 2003. p. 3-45.
- 31 Rioja JT. Electroterapia y electrodiagnóstico. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Valladolid. D.L. 2003. p. 3-45.
- 32 Robledo H., Principios generales de la luz láser en la cirugía cutánea y su interacción tisular, Cirugía Española 2001. Volumen 69 - Número 05 p. 486-9.
- 33 Rodríguez Dorta P.M., González González J., Borrón Molinos M., Oliva González J., Evaluación mediante SPECT de la terapia láser en las artritis temporomandibulares, Rev Cubana Ortod 2007;12(1):17-23

- 34 Semenov FV. Estudio experimental de la permeabilidad del tejido biológico a la irradiación con láser de Nd-YAG con una longitud de onda de 1,06 y 1,32mm. Vestn-Otorinolaringol. 2007(3) :38-41.
- 35 Skinner S., J. Gage, Wilce O. y R. Shaw, un estudio preliminar de los efectos de la radiación láser sobre el metabolismo del colágeno en células en cultivo, Aust Dent. J. 2006; 41:188-92.
- 36 Van Bergel HF, Engels C, Van Ginkel G, Bar PR. Eficacia de photobio-modulation inducida por láser depende de la longitud de onda del láser. Láser Ther 2004; 6:28-9.
- 37 Zati A., A. Valent, laserterapia en medicina, en: Terapia Física, Nuove Tecnologie in Riabilitativa Medicina, Edizioni Minerva Medica, Torino 2006; Cap.7, p. 135-85.

## Linkografía

- 1 Acondicionamiento físico. Recuperado el 21 de julio del 2013  
Disponible.  
<http://www.profesorenlinea.cl/Deportes/AcondicionamientoFisico.htm>
- 2 Anatomía del ligamento. Recuperado el 5 de agosto del 2013  
Disponible.[http://www.cirugiaosteoarticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/1820\\_33.pdf](http://www.cirugiaosteoarticular.org/adaptingsystem/intercambio/revistas/articulos/1820_33.pdf)
- 3 Lesión del ligamento cruzado anterior. Recuperado el 6 de marzo del 2013  
Disponible. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista29/art%20LCA66.htm>
- 4 Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Recuperado el 7 de marzo del 2013  
Disponible.  
[http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/castex\\_p/html/index-frames.html](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2006/castex_p/html/index-frames.html)
- 5 Rehabilitación de lesiones deportivas. Recuperado el 15 de julio del 2013  
Disponible.<http://www.efdeportes.com/efd148/rehabilitacion-en-el-ligamento-cruzado-anterior.htm>
- 6 Revista de artroscopia de rodilla. Recuperado el 22 de mayo del 2013  
Disponible.[http://www.revistaartroscopia.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19:uso-de-escores-para-evaluacion-de-resultados-en-cirugia-del-ligamento-cruzado-anterior&catid=1:volumen-17-numero-3](http://www.revistaartroscopia.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=19:uso-de-escores-para-evaluacion-de-resultados-en-cirugia-del-ligamento-cruzado-anterior&catid=1:volumen-17-numero-3)
- 7 Laserterapia. Recuperado el 2 de marzo del 2013  
Disponible. <http://www.dmedicina.com/enfermedades/musculos-y-huesos/actualidad/el-laser-interferencial-de-eficacia-similar-al-convencional-para-la-reduccion-del-dolor>.

# ANEXOS

## Anexo 1: Ficha de evaluación



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD CARRERA DE TERAPIA FÍSICA

EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LASERTERAPIA Y EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO FÍSICO EN PACIENTES POST QUIRÚRGICOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN ETAPA INTERMEDIA DE REHABILITACIÓN

**Objetivo:** Analizar datos cualitativos acerca del estado de los pacientes pre aplicación del tratamiento y post aplicación del tratamiento.

Nombre:

Edad:

Sexo:

Ocupación:

Etiología de las lesiones:

Tiempo transcurrido en rehabilitación:

Datos subjetivos: Test de Lysholm

### Escala de Lysholm Test

Parámetro	Hallazgo	Puntaje
<b>Cojera</b>	Ninguna	5
	Leve	3
	Periódica	3
	Severa y constante	0
<b>Carga</b>	Carga Completa	5
	Requiere bastón o muleta	3
	Imposible carga de peso	0
<b>Subir escaleras</b>	Sin problemas	10
	Levemente limitado	6
	Un escalón a la vez	2
	Incapaz	0
<b>Agacharse</b>	Sin problemas	5
	Levemente limitado	4
	No pasa de 90°	2
	Incapaz	0
<b>Inestabilidad al caminar</b>	Nunca	30
	Rara vez durante ejercicios intensos o atléticos	25
	Frecuentemente durante esfuerzos severos o atléticos	20
	Incapaz de participar debido a la inestabilidad	20
	Ocasionalmente en actividades de la vida diaria	10
	Frecuentemente en actividades de la vida diaria	5
	Con cada paso	0
<b>Dolor al caminar</b>	Ninguna	30
	Inconstante y leve durante ejercicio intenso	25
	Intenso al haber inestabilidad	20
	Intenso durante esfuerzos severos	15
	Intenso durante o después de caminar más de 2 Km	10
	Intenso después de caminar menos de 2 Km	5
	Constante y Severo	0
<b>Inflamación durante la marcha</b>	Ninguna	10
	Con inestabilidad	7
	Durante esfuerzo severo	5
	Durante esfuerzo ordinario	2
	Constante	0
<b>Atrofia del musculo</b>	Ninguna	5
	1-2 cm	3
	> 2 cm	0

## Fotorelatoria

Foto 1



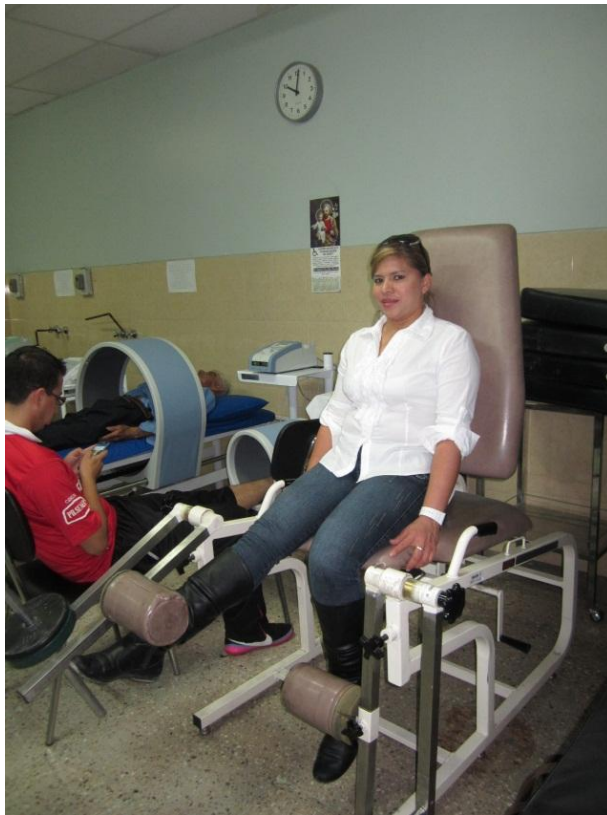
Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

Foto 2



Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

**Foto 3**



Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

**Foto 4**



Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez



**Foto 5**



Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

**Foto 6**



Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

**Foto 7**



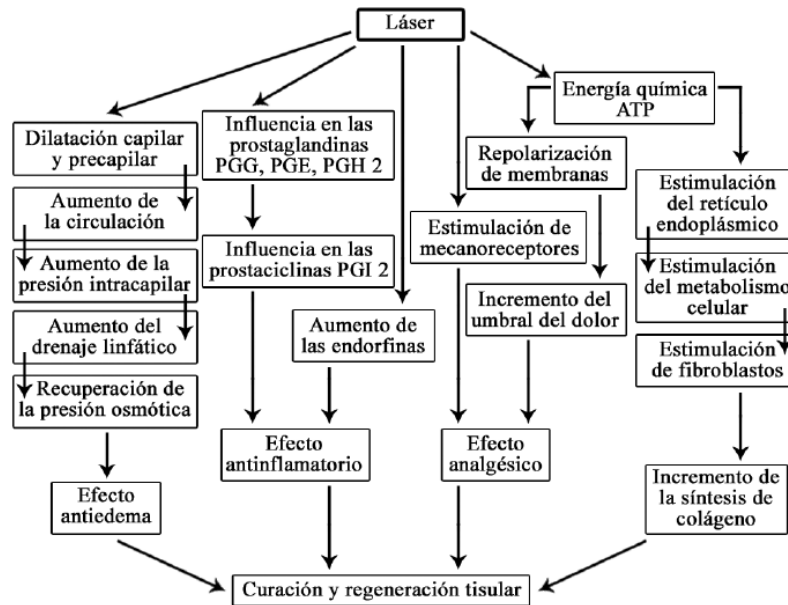
Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

**Foto 8**



Fuente: Oscar Pinto, Mishel Rodríguez

Figura N° 1 Posibilidades de influencia que tiene el láser de baja potencia



Fuente: Agentes físicos terapéuticos / Jorge Enrique Martín Cordero y cols.