PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ENFERMERÍA

CARRERA DE TERAPIA FÍSICA

TRABAJO DE DISERTACION DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE LICENCIADA EN TERAPIA FÍSICA

"Análisis comparativo del reclutamiento de fibras musculares mediante electroestimulación y ejercicio concéntrico frente al ejercicio concéntrico, en deportistas con distensión del ligamento colateral interno de rodilla, que asisten a Asofisio en el periodo de enero a abril 2011"

Elaborado por:

Diana Susana Cañar Espinosa

Quito, septiembre del 2011

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, que con su apoyo incondicional y trabajo me han forjado como una persona y profesional que no se conforma ante los retos y logra sus metas; a mis hermanos que con su compañía me han impulsado a seguir con cada uno de mis propósitos.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por permitirme experimentar esta etapa llena de pequeños y grandes logros, que hoy culminan con gran éxito y al mismo tiempo son el inicio de un mundo profesional lleno de oportunidades para seguir creciendo y aprendiendo, siendo lo más importante el camino recorrido, paso a paso, para convertirme en quien quiero ser.

Gracias a mis padres Manuel Cañar y Susana Espinosa por su increíble paciencia y amor incondicional, que lo demuestran cada día sin descanso, dándome las pautas y apoyo en todos los ámbitos, para que mis sueños y proyectos se transformen en realidad, siempre enseñándome que la mediocridad no es una opción, hay que transformar nuestros errores en nuestra fuerza y ser mejores cada día.

Un especial agradecimiento a mi mentor y ejemplo a seguir Lic. Fernando Iza, quien con su visión y entrega a la Terapia Física, me ha enseñado que no es una simple carrera, es la pasión de curar y ayudar a quien nos necesita con el conocimiento y amor a nuestra profesión.

A mi facultad, tanto a docentes, quienes impulsaron con sabiduría mi aprendizaje; como también a su grupo administrativo quienes me ayudaron con mucha amabilidad en cada proceso.

A mis hermanos Andrés y Xavier, a cada uno de los integrantes de Asofisio, a mis amigos y amigas; quienes con su apoyo me impulsaron a seguir con mi meta profesional. Un especial agradecimiento a mis amigas Diana Carrillo y Diana Vargas por su incondicional amistad, consejos y compañía en todos los momentos de mi etapa estudiantil.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA----------II

AGRADECIMIENTO----------III

Introducción ----------1

Antecedentes----------2

Justificación ----------7

Planteamiento del problema----------10

Objetivos----------12

CAPÍTULO I

ANATOMÍA FUNCIONAL DE LA RODILLA

1.1 Componentes Óseos----------15

1.1.1 La Rótula----------15

1.1.1.1 Función de la Rótula----------16

1.1.1.2 Causas de los problemas de la rótula a la rodilla----------17

1.1.2 El Fémur----------17

1.1.2.1 Cóndilo Externo e Interno del Fémur----------18

1.1.3 La Tibia----------20

1.2 Componentes de Partes Blandas----------21

1.2.1 Meniscos----------21

1.2.1.1 Función de los meniscos ----------23

1.2.1.2 Movimiento de los meniscos----------23

1.2.2 Ligamentos----------24

1.2.2.1 Ligamentos colaterales----------24

1.2.2.2 Ligamentos capsulares y colaterales ----------25

1.2.2.3 Ligamentos colaterales laterales----------25

1.2.2.4 Ligamentos cruzados----------26

1.3 Inervación----------26

1.4 Musculatura----------27

1.4.1 Cuádriceps femoral ----------27

1.4.2 Isquiotibiales ----------28

1.4.3 Músculos Gemelos ----------28

1.4.4 Musculo Plantar----------30

1.4.5 Músculo Poplíteo----------31

1.4.6 Músculo Sóleo----------32

1.5 Biomecánica ---------- ----------33

1.5.1 La articulación de la rodilla en la marcha normal----------37

1.5.2 La rodilla en la subida y bajada de escaleras ----------38

CAPÍTULO II

FIBRAS MUSCULARES

2.1. Estructura Química Muscular----------43

2.2 Fisiología Muscular----------48

2.2.1 Funciones del componente conjuntivo muscular----------49

2.3 Tipo de Fibras Musculares--- ----------51

2.4 Impacto en la Inactividad Deportiva----------56

2.4.1 Relación entre el tipo de fibra muscular y el ejercicio ----------59

2.4.2 Amiotrofia----------60

CAPÍTULO III

DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO

3.1 Etiología----------65

3.2 Evaluación----------66

3.3 Mecanismos de lesión----------67

3.4 Clasificación----------67

3.5 Tratamiento Fisiokinesioterapéutico ----------68

3.5.1 Tratamiento conservador----------68

3.5.2 Tratamiento Pre Quirúrgico ----------70

3.5.3 Tratamiento Post Quirúrgico----------71

CAPÍTULO IV

ELECTROESTIMULACIÓN

4.1 Historia de la Electroestimulación-- ----------75

4.2 Funcionamiento de la electroestimulación ----------77

4.3 Efectos de la Electroestimulación- ----------78

4.3.1 Efectos de las distintas frecuencias----------80

4.4 Músculo y electroestimulación----------81

4.5 Ventajas----------81

4.6 Indicaciones y contraindicaciones----------83

4.7 Compex----------84

4.7.1 Especificaciones----------86

CAPÍTULO V

TIPOS DE CONTRACCIÓN MUSCULAR

5.1 Contracciones Isotónicas----------88

5.1.1 Contracciones Excéntricas----------90

5.1.2 Contracciones Concéntricas ----------93

5.2 Contracciones Isométricas----- ----------97

5.3 Contracciones auxotónicas -- ----------99

5.4 Contracciones Isocinéticas ----------100

CAPÍTULO VI

FORTALECIMIENTO MUSCULAR EN REHABILITACIÓN

6.1 Objetivos----------102

6.1.1 Objetivos curativos----------103

6.1.2 Objetivos preventivos----------103

6.1.3 Objetivos paliativos ----------103

6.2 Programas de fortalecimiento----------103

6.3 Elementos que componen los programas ----------104

6.3.1 Modo de contracción----------104

6.4 Tipos de fortalecimiento----------106

6.4.1 Métodos de desarrollo de la fuerza máxima----------106

6.4.2 Métodos de desarrollo de la potencia máxima ----------106

6.4.3 Métodos de desarrollo de la velocidad máxima o de la fuerza explosiva----------107

6.4.4 Programas para aumentar la masa muscular----------107

6.4.5 Métodos para incrementar la resistencia ----------108

6.4.6 Exploración de la fuerza y de las deficiencias musculares--------108

6.5 Fases de fuerza y musculación----------109

6.5.1 Fase de adaptación anatómica----------109

6.5.2 Fase de hipertrofia----------109

6.5.3 Fase de fuerza máxima----------110

6.5.3.1 Cálculo RM ----------110

6.5.4 Fase de fuerza explosiva----------112

6.6 Reclutamiento de Fibras Musculares----------112

6.6.1 Reclutamiento de fibras e Intensidad del ejercicio----------113

6.6.1.1 Electroestimulación en el reclutamiento de fibras musculares----------114

6.6.1.2 Miofeedback----------117

CAPÍTULO VII

ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL EMG RETRAINER

7.1 Aplicación----------118

7.2 Características----------119

7.3 Interpretación de datos----------119

8. METODOLOGÍA

8.1 Tipo de estudio----------121

8.2 Universo----------121

8.3 Muestra----------122

8.4 Fuentes----------122

8.5 Técnica----------123

8.6 Instrumentos----------123

8.7 Equipo ----------123

8.8 Descripción del procedimiento aplicado----------123

8.8.1 Valoración del perímetro muscular----------124

8.8.2 Valoración de la actividad muscular con el emg retrainer----------125

8.8.3 Electroestimulación con compex----------126

8.8.4 Trabajo concéntrico----------127

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

9.1 GRUPO CASO----------128

9.1.1 Edad y Sexo----------128

9.1.2 Actividad deportiva en relación al género----------129

9.1.3 Distensión del Ligamento Colateral Grado 1 y Grado ----------130

9.1.4 Miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno ----------131

9.1.5 Amiotrofia----------132

9.1.6 Evaluación inicial electromiografía superficial----------134

9.1.7 Evaluación final electromiografía superficial----------136

9.2 PACIENTES CONTROL----------139

9.2.1 Edad y Sexo----------139

9.2.2 Actividad deportiva en relación al género----------140

9.2.3 Distensión del Ligamento Colateral Grado 1 y Grado 2 ----------141

9.2.4 Miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno---------- ----------142

9.2.5 Amiotrofia----------143

9.2.6 Evaluación inicial electromiografía superficial ----------145

9.2.7 Evaluación final electromiografía superficial----------147

9.3 ANÁLISIS COMPARATIVO PACIENTES CASO Y CONTROL----------150

9.3.1 Edad y Sexo----------150

9.3.2 Actividad deportiva en relación al género----------151

9.3.3 Distensión del Ligamento Colateral Grado 1 y Grado 2----------152

9.3.4 Miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno----153

9.3.5 Amiotrofia----------

----------154

9.3.6 Evaluación inicial y final de la electromiografía superficial----------155

9.3.7 Evaluación final electromiografía superficial----------157

CONCLUSIONES----------159

RECOMENDACIONES----------160

BIBLIOGRAFÍA----------162

ANEXOS----------165

ÍNDICE DE GRÁFICOS ----------xi

ÍNDICE DE TABLAS----------xv

ÍNDICE DE ANEXOS----------xvii

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: Anatomia de rodilla ----------14

GRÁFICO N° 2: Rótula----------16

GRÁFICO N° 3: Fémur----------18

GRÁFICO N° 4: Cóndilo externo del fémur ----------19

GRÁFICO N° 5: Cóndilo interno del fémur ----------19

GRÁFICO N° 6: La Tibia----------20

GRÁFICO N° 7: Meniscos----------22

GRÁFICO N° 8: Ligamento Colateral Interno----------25

GRÁFICO N° 9: Cuádriceps femoral----------27

GRÁFICO N°10: Inserción----------28

GRÁFICO N°11: Músculo Gemelo Interno----------29

GRÁFICO N°12: Músculo Gemelo Externo----------30

GRÁFICO N°13: Músculo Plantar----------31

GRÁFICO N° 14: Músculo Poplíteo----------32

GRÁFICO N° 15 Músculo Poplíteo----------33

GRÁFICO N° 16: Músculo----------39

GRÁFICO N° 17: Fibra muscular estriada----------40

GRÁFICO N° 18: Fibra muscular cardíaca----------41

GRÁFICO N° 19: Fibra muscular lisa----------41

GRÁFICO N° 20: Estructura de una miofibrilla----------42

GRÁFICO N° 21: Fibra muscular----------47

GRÁFICO N° 22: Organización de la fibra muscular----------47

GRÁFICO N° 23: Estructura del músculo esquelético estriado----------51

GRÁFICO N° 24: Tipo de fibras musculares----------55

GRÁFICO N° 25: Evolución del hombre moderno ----------59

GRÁFICO N° 26: Amiotrofia----------60

GRÁFICO N° 27: Ligamento lateral interno----------65

GRÁFICO N° 28: Aplicación de un vendaje ----------70

GRÁFICO N° 29: Vendaje funcional del ligamento lateral interno----------70

GRÁFICO N° 30: Electroestimulación de cuádriceps----------79

GRÁFICO N° 31: Electroestimulador Compex energy----------85

GRÁFICO N° 32: Contracciones Excéntricas----------91

GRÁFICO N° 33: Musculares resultado de contracciones excéntricas rápidas
---
---92

GRÁFICO N° 34: Contracciones excéntricas----------92

GRÁFICO N° 35: Estiramiento miotensivo ----------92

GRÁFICO N° 36: Ejercicio de contracción excéntrica del musculo sóleo-----
---
---93

GRÁFICO N° 37----------93

GRÁFICO N° 38: Contracciones concéntricas----------95

GRÁFICO N° 39 ----------95

GRÁFICO N° 40----------95

GRÁFICO N° 41: Levantamiento de rodilla----------96

GRÁFICO N° 42: Levantamiento lateral pierna----------96

GRÁFICO N° 43: Flexión de rodilla----------96

GRÁFICO N° 44: Trabajo de abdominales----------98

GRÁFICO N° 45: Ejercicios de contracción isométrica----------98

GRÁFICO N° 46----------99

GRÁFICO N° 47: Ejercicios de contracción auxotónica----------99

GRÁFICO N° 48: Ejercicios de contracción auxotónica----------100

GRÁFICO N° 49: Posición muñecas bíceps----------101

GRÁFICO N° 50: Tumbado boca arriba y ponerse de pie----------101

GRÁFICO N° 51: EMG Retrainer----------120

GRÁFICO N° 52: Electrodos----------120

GRÁFICO N° 53: Distribución de acuerdo a la edad y al sexo de los pacientes del grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ----------128

GRÁFICO N° 54: Distribución de acuerdo a la actividad deportiva y al sexo de los pacientes del grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ----------129

GRÁFICO N° 55: Distribución de acuerdo al grado de distensión del ligamento colateral interno de los pacientes del grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ---------- 130

GRÁFICO N° 56: Distribución de acuerdo al lado del miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno del grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ---------- 131

GRÁFICO N° 57: Distribución de acuerdo a la edad y al sexo de los pacientes del grupo control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ---------- 139

GRÁFICO N° 58: Distribución de acuerdo a la actividad deportiva y al sexo de los pacientes del grupo control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ---------- 140

GRÁFICO N° 59: Distribución de acuerdo al grado de distensión del ligamento colateral interno de los pacientes del grupo control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ---------- --------141

GRÁFICO N° 60: Distribución de acuerdo al lado del miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno del grupo control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – ABRIL 2011 ---------- 142

GRÁFICO N° 61: Distribución de acuerdo a la edad y al sexo de los pacientes caso y control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ---------- 150

GRÁFICO N° 62: Distribución de acuerdo a la actividad deportiva de los pacientes del grupo control y grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011---------- 151

GRÁFICO N° 63: Distribución de acuerdo al grado de distensión del ligamento colateral interno de los pacientes del grupo control y grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------152

GRÁFICO N° 64: Distribución de acuerdo al lado del miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno del grupo control y grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------153

GRÁFICO N° 65: Distribución de acuerdo a la evaluación inicial del perímetro muscular del vasto interno en los pacientes en estudio de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011---------155

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Diferencias entre ambas fibras----------53

TABLA N° 2: Ecuaciones para el cálculo de 1RM a partir de las repeticiones realizadas con una determinada carga----------112

TABLA N° 3: Características de los tipos de fibras musculares en el hombre----114

TABLA N° 4: Distribuciòn de acuerdo a la evaluación inicial del perímetro muscular del vasto interno en los pacientes del grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 201----------132

TABLA N° 5: Distribución de acuerdo a la evaluación final del perímetro muscular del vasto interno en los pacientes del grupo caso de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ----------133

TABLA N° 6: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo caso con distensión del ligamento colateral interno grado 1 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------134

TABLA N° 7: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo caso con distensión del ligamento colateral interno grado 2 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------135

TABLA N° 8: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo caso con distensión del ligamento colateral interno grado 1 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------136

TABLA N° 9: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo caso con distensión del ligamento colateral interno grado 2 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ----------137

TABLA N°10: Distribución de acuerdo a la evaluación inicial del perímetro muscular del vasto interno en los pacientes del grupo control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------143
TABLA N°11: Distribución de acuerdo a la evaluación final del perímetro muscular del vasto interno en los pacientes del grupo control de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------144
TABLA N°12: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo control con distensión del ligamento colateral interno grado 1 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011 ----------145
TABLA N°13: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo control con distensión del ligamento colateral interno grado 2 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------146
TABLA N° 14: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo control con distensión del ligamento colateral interno grado 1 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------147
TABLA N° 15 Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo control con distensión del ligamento colateral interno grado 2 de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------148
TABLA N° 16: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo caso con distensión del ligamento colateral interno de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------155
TABLA N° 17: Distribución de acuerdo a la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo control con distensión del ligamento colateral interno de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------156
TABLA N° 18: Análisis comparativo de la activación muscular máxima y constante en los pacientes del grupo control y grupo caso con distensión del ligamento colateral interno de la unidad docente de rehabilitación integral “Asofisio” en el periodo enero – abril 2011----------157

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°1 Carta de Solicitud para la aprobación del desarrollo del estudio165

Anexo N°2 Consentimiento Informado ---------- 166

Anexo N°3 Hoja de Evaluación Inicial y Final---------- 167

Anexo N°4 Fotografías----------169

INTRODUCCIÓN

La distensión de los ligamentos cruzados puede ser de leve a severa, y el único modo de saberlo es con la realización de un correcto examen físico. Si posterior a las indicaciones dadas por los médicos en la primera cita , el dolor persiste al intentar usar al músculo nuevamente, probablemente la lesión sea lo suficientemente severa como para ameritar tratamiento de rehabilitación, donde los objetivos sean restaurar la función muscular, mejorando las restricciones que se hayan formado, mediante la utilización del Emg retrainer, y luego reeducar al músculo que aunque uno no lo crea puede perder su capacidad de contraerse adecuadamente en un corto tiempo, es fundamental no esperar a que la lesión se haga crónica o reagudice cada vez que el paciente quiera realizar su deporte .

El reclutamiento de las fibras musculares mediante este tratamiento no invasivo mejora realmente la causa del problema y no solamente el dolor.

Es importante considerar que la evaluación médica va más allá de la descripción de los síntomas y del programa de entrenamiento, que si no se realiza un tratamiento completo y solo se usan medicamentos, el problema no solo no mejora sino que se agudiza, se debe brindar la ayuda conforme al caso que el deportista lo amerite de acuerdo a un tratamiento de rehabilitación adecuado. Siempre se debe ser prudente al comenzar el proceso requerido luego de las distensiones.

Se debe manifestar que a cualquier edad y en cualquier deportista es posible mejorar el reclutamiento de las fibras musculares para mejorar el nivel de rendimiento deportivo. Lo importante es establecer un programa de fortalecimiento adecuado con ejercicios funcionales para las diferentes actividades deportivas.

ANTECEDENTES

Para el paciente deportista es imprescindible reintegrarse a su actividad física, con una condición óptima que genere un deporte a la altura de sus expectativas como amateur o profesional. El reclutamiento de fibras musculares como parte del proceso de fortalecimiento, es fundamental para una recuperación adecuada; después de la amiotrofia consecuente con una lesión deportiva, el terapeuta físico debe reintegrar a su paciente lo más pronto posible a su actividad cumpliendo las características y el proceso necesario para el paciente lesionado. Parte de dicho proceso es la activación neuromuscular, la técnica y metodología que escoja el terapeuta físico para cumplir con el reclutamiento de fibras musculares es un criterio muy importante, por ello la investigadora a encontrado interés en el análisis de las técnicas de Electroestimulación y ejercicio concéntrico para dicha activación, así la recopilación de los antecedentes de los diferentes parámetros y técnicas de análisis.

Un estudio similar a la presente investigación evaluó la eficacia de la Electroestimulación con Compex, sumado al uso de ejercicios concéntricos, para mejorar la fuerza muscular del cuádriceps en una muestra de 60 sujetos, de 20 a 40 años de edad postquirúrgicos de partes blandas de rodilla, los cuales fueron asignados aleatoria y proporcionalmente al grupo caso (Compex + trabajo concéntrico) y control (trabajo concéntrico). La cual nos habla sobre la presencia de amiotrofias marcadas en general y específicamente en el músculo cuádriceps y la posible lesión por cargas excesivas en el proceso de recuperación, por esto es muy difícil realizar un adecuado periodo de fortalecimiento muscular, para evitar estas complicaciones y con la finalidad de que el paciente se integre lo más pronto a la realización de sus actividades y de la mejor manera se utilizó un método el cual se lo aplicó en todas las fases de rehabilitación sin producir efectos secundarios.

Esta técnica fue la electroterapia con fines de fortalecimiento que es muy discutida en nuestro medio; pero con el avance de la ciencia y tecnología, se ha beneficiado de la elaboración de un nuevo sistema electroterapéutico para fortalecimiento muscular denominado Compex. (Arcos A., 2006, Quito, Evaluación de la eficacia del fortalecimiento muscular de cuádriceps mediante trabajo concéntrico más aplicación del Compex de frente a trabajo concéntrico)

Mediante un estudio comparativo, se analizó el efecto de los ejercicios abdominales tradicionales voluntarios y el efecto del trabajo con Electroestimulación en la zona abdominal, partiendo de la hipótesis de que resulta mucho más efectiva la Electroestimulación y que ésta no resulta tan agresiva para el suelo pélvico como los ejercicios abdominales tradicionales, los cuales está demostrado que provocan una hiperpresión que es la causa de las disfunciones del suelo pélvico. Demostrando que la Electroestimulación es una herramienta de trabajo muscular. (Rodríguez I., 2011, Madrid, Estudio comparativo del efecto de los ejercicios abdominales tradicionales y la Electroestimulación).

Un análisis con EMG demostró que el músculo gemelo medial puede reclutar preferentemente a las unidades motoras más rápidas (mayores), incluso cuando las unidades motoras más lentas todavía podrían activarse. Esta investigación es interesante porque va en contra del postulado de reclutamiento ordenado. De acuerdo con el principio del tamaño, si las unidades motoras más grandes son reclutadas, las unidades motoras más pequeñas tienen que estar trabajando con toda su fuerza para mantenerse al día. Obteniendo resultados de activación neuromuscular como parte del proceso de fortalecimiento en grupos musculares. (Wakeling, Arizona, 2006, Análisis del reclutamiento de fibras musculares de flexores de pantorrilla).

Un reclutamiento normal implica la descarga de un apropiado número de UM (Unidades Motoras) en relación la pérdida de fibras musculares funcionales produce la disminución de la fuerza de contracción de cada UM. La ineficiencia de la unidad de descarga tiene una relación inversa con la cantidad de unidades requeridas para mantener una fuerza de contracción determinada. En este estudio se menciona la importancia del reclutamiento de fibras musculares como una fuerza de contracción de las UM este es un parámetro a cumplir dentro del fortalecimiento muscular. (Pellegrino, F., Buenos Aires, 2010, Evaluación de la Función Neuromuscular).

En una acción muscular voluntaria, el cerebro envía un impulso eléctrico que va hacia la médula espinal y de ahí hacia el nervio motor. (Fernández, M., et al., 2004).Todas las fibras de la unidad motora que logren ser estimuladas se contraen y se relajan al mismo tiempo. Como la estimulación de una neurona motora produce la contracción de todas las fibras de la unidad motora en particular, la tensión total de un músculo puede variarse controlando el número de unidades motoras. El proceso de incrementar el número de unidades motoras activas se conoce como reclutamiento el cual es determinado por las necesidades del cuerpo en un momento dado. Entonces, el reclutamiento es lo que permite regular la fuerza de contracción de un músculo. (Guyton, A., 2000).

La Electroestimulación neuromuscular (EENM) era una técnica utilizada sobre todo por los fisioterapeutas, que la empleaban para recuperar músculos atrofiados después de largos períodos de inactividad y en otras aplicaciones terapéuticas, pero sin un objetivo de mejora del rendimiento. Esta técnica se empezó a utilizar como método de entrenamiento en la antigua Unión Soviética.

En la década de 1960, en la Academia de las Ciencias del Deporte de Moscú, bajo la dirección del profesor Kotz, la EENM dio a éste una gran popularidad entre sus deportistas. Los resultados fueron muy esperanzadores, a veces demasiado espectaculares, en algún caso se lograron mejoras de fuerza en un deportista del 35% en 3 semanas, lo que parece improbable. Más bien se supone que sería alrededor del 5-10%, lo que ya sería considerable. (Fernández M.; et al. 2004).

La Electroestimulación tuvo años de importante aplicación, pero, debido a una tecnología deficiente, los deportistas eran sometidos a auténticas sesiones de tortura, motivo por el cual no tuvo una rápida expansión. En 1979 el fisiólogo McDonnell, que hacía numerosos estudios sobre los mecanismos de la limitación del rendimiento muscular, todavía consideraba la Electroestimulación como: “imposible de aplicar a causa de los altos voltajes necesarios y a la imposibilidad de realizar contracciones tetánicas”. Afortunadamente los progresos de la electrónica y la llegada de los microprocesadores han permitido cambiar radicalmente la situación. (Fernández, M., et al., 2004).

Al mencionar el ejercicio concéntrico literalmente significa "hacia el medio". En este tipo de contracción, los músculos desarrollan una tensión suficiente para superar

una resistencia o para mover un segmento corporal al acortarse. Los músculos se contraen y los puntos de inserción se aproximan, el cuerpo muscular se “concentra”, de ahí el nombre de régimen concéntrico. (Cometti, G., 2001).

El cuádriceps realiza la extensión de rodilla, en la que la parte posterior de la pierna se aleja de la parte posterior del muslo desde la posición de flexión hasta alinear el fémur con la tibia. Participa en el mantenimiento de la postura vertical bípeda y durante la marcha en el miembro fijo oponiéndose a la flexión que se produciría por acción de la gravedad. En esta función interviene activamente el músculo cuádriceps apoyado de la tensión del aparato ligamentario de la rodilla. (Cifuentes, L., 1999).

La inactividad muscular provoca una amiotrofia del 30-47%, la instalación es muy rápida y aumenta con el tiempo de forma exponencial (Booth,1987).Ha demostrado en el caso del hombre, una pérdida del 14 al 17% de fibra muscular después de 72 horas de inmovilización. Esta amiotrofia se acompaña de una disminución de la fuerza muscular y de la fatigabilidad, es decir una disminución selectiva de las fibras tipo I. (Lindhoe, 1984). En una inestabilidad de la rodilla (Gerber**,** 1985) ha demostrado por Scaner que existe una amiotrofia cuadricipital del 10% y del 4% para los Isquios. La amiotrofia cuadricipital es más predominante a nivel del vasto interno. El autor estima que la medida clínica de la amiotrofia, no refleja las variaciones reales del déficit muscular.

Las lesiones del ligamento colateral interno suelen producirse debido a un golpe en valgus sobre la rodilla cuando la pierna esta afianzada en el suelo y el golpe incide sobre la parte externa de la rodilla. El examen revela que la articulación se halla llena de líquido y una sensibilidad máxima en un punto del ligamento, se aprecia dolor en el lado interno y después que algunos días se inflama después de una actividad agotadora, entonces el examen muestra que la extensión pasiva total provoca dolor con una limitación de la flexión. La torsión en valgo causa graves molestias. (Cyriax, J., 1980).

En el equipo de fútbol Santa Fe DC durante un año de seguimiento epidemiológico sistematizado estricto, se encontró que de un total de 300 consultas el 78% correspondieron a lesiones o problemas derivados de la práctica del deporte. Cerca del 5% correspondieron a lesiones del LCI en todos sus grados, siendo más comunes las de primer grado, mientras que las lesiones del LCE fueron solo del 0.5%.

La probabilidad de que un jugador tenga una lesión del LCI en un período de un año del 0.26. Es decir que la cuarta parte de los jugadores sufrirán algún grado de lesión del LCI. Estos datos justifican la intervención profiláctica y rehabilitadora pronta y adecuada. (Figueroa, F., 2006).

De este modo se puede introducir de acuerdo a los antecedentes a la distensión del LCI como una lesión predominante en el medio deportivo por lo que es de importancia para considerar en mi investigación.

JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta reviste interés porque se ha observado que, el reclutamiento de fibras musculares, son una fase constitutiva del largo proceso de fortalecimiento muscular que puede ser manipulado por el terapeuta físico, para lograr fortalecer los músculos como parte del tratamiento de pacientes deportistas amateurs o profesionales.

En el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (I.N.E.C.) del Ecuador de acuerdo con el Anuario de Estadísticas Hospitalarias (camas-egresos). (I.N.E.C.; 2003); los trastornos internos, luxaciones, esguinces y torcedura de la articulación y ligamentos de la rodilla como causa de morbilidad en la lista internacional detallada fue la responsable de 1650 egresos hospitalarios a lo largo del año. Por lo que las lesiones de rodilla son constantes en nuestro medio y todas estas darán paso a un programa de rehabilitación, es aquí donde el terapeuta físico muestra su calidad profesional y debe encontrar las mejores opciones, técnicas y métodos para curar a su paciente.

He observado las continuas lesiones de rodilla en pacientes deportistas y el abordaje fisioterapéutico que se da a esta fundamental articulación, he encontrado especial interés en el fortalecimiento muscular, ya que los terapeutas físicos en nuestro medio tienen un predominio en aliviar el dolor y desinflamar el problema que agobia al paciente, esto es de suma importancia pero también como reintegramos a las actividades cotidianas al paciente, las expectativas que tiene el deportista, lo que él desea volver a realizar, es por ello que el aspecto de fortalecimiento es un paso imprescindible si se quiere realizar de nuevo la actividad física. Encontré que el reclutamiento de fibras musculares adecuado dentro del proceso de rehabilitación es un periodo corto e inicial pero clave, que nos puede ahorrar tiempo y dar resultados excelentes para la actividad deportiva del individuo en recuperación.

En nuestro medio lamentablemente la rehabilitación deportiva adecuada no tiene la importancia, ni el lugar que le corresponde, hago referencia a esto porque el deporte es salud y prevención, si realmente se puede mejorar la condición física y los posibles riesgos de una vida sedentaria se debe empezar por reintegrar al deportista a su actividad saludable, muchas veces el terapeuta físico se encarga de aliviar el malestar pero no de recuperar las herramientas y elementos que componen a un deportista de calidad.

Los fisioterapeutas tenemos el conocimiento y tecnología que lamentablemente no se utiliza en la mayoría de los casos por desinformación o falta de investigación. La electroterapia y electroestimulación es muy utilizada pero no explotada en su totalidad, podemos hacer mucho más con un elemento accesible, rápido y efectivo; y así aportar más a nuestros pacientes razón de nuestra vocación, un pequeño detalle puede dar la pauta para un gran cambio.

Como estudiante, independientemente del resultado de la presente investigación, me impulsará a buscar alternativas y aprovechar los recursos disponibles que tenga en mi medio de práctica o trabajo, para dar un mejor tratamiento a mis pacientes.

Por todo esto es importante realizar un énfasis en el proceso de fortalecimiento muscular, ya que puede lograrse por varios métodos así por ejemplo tenemos los métodos concéntrico, excéntricos, isométricos, mixtos en porcentajes crecientes o decrecientes en relación a la resistencia máxima.

El ejercicio concéntrico es un método que sirve al fortalecimiento muscular, que requiere de tiempo y trabajo con altos pesos para completar todas las fases de fortalecimiento muscular especialmente para el reclutamiento de fibras motoras, la necesidad de proporcionar una opción al músculo para que se vea beneficiado por este reclutamiento de unidades motoras más rápido en cuanto a tiempo y que nos permita trabajar con pesos no tan altos, esto ha hecho que miremos a la electroestimulación como una alternativa idónea.

El Compex se usa para electroestimular las fibras musculares con energía eléctrica mínima, utilizando el menor tiempo e intensidad posibles para conseguir una mayor superficie de excitación. Actualmente gracias a los componentes electrónicos

modernos y de alta calidad se logra lo que se llama el impulso óptimo, que proporciona eficacia y seguridad. Pocos especialistas del entrenamiento o de la musculación lo saben. Es posible en ciertas condiciones de estimulación obtener resultados de contracción cercanos a la máxima fuerza voluntaria e incluso sobrepasarla con el beneficio de no sobrecargar las articulaciones y tendones. (Ortiz, V. ,1996).

Estos parámetros son fundamentales en el mundo de la terapia física ya que un músculo de calidad con fibras reclutadas en un porcentaje alto nos dará buenos resultados de fuerza ante la lesión, el proceso de recuperación es controlado y posee un pronto avance, además previene una recaída y una actividad deportiva que cumpla las expectativas.

El paciente al sufrir una lesión es obligado a suspender sus prácticas de entrenamiento y/o juegos lo que causa una inactividad, teniendo un impacto directo sobre su musculatura, el cuádriceps está formado por cuatro músculos (vasto crural, recto anterior, vasto externo y vasto interno) sufre directamente una amiotrofia (proceso neurovegetativo aun no bien esclarecido), por ejemplo el músculo cuádriceps que es fundamental para la marcha, estabilización y tensión ligamentaria, por lo que cuando existe una lesión como una distensión del LCI (Ligamento Colateral Interno) se desactivaran las fibras musculares del cuádriceps con una predominancia en el vasto interno por la inactividad física y más aún cuando para su tratamiento requiere inmovilización en primera instancia.

Razón por la cual realizaré esta investigación partiendo del reclutamiento de las fibras musculares con la aplicación de la Electroestimulación unido al trabajo muscular concéntrico del músculo cuádriceps, delimitando el estudio en una lesión que tiene mayor incidencia ligamentaria lateral como es la Distensión del Ligamento Colateral Interno.

Todo esto dentro de un análisis comparativo que me permita observar y valorar realmente la eficacia del ejercicio concéntrico frente al propio ejercicio concéntrico sumado a la Electroestimulación con Compex, de esta forma concluiré si realmente el reclutamiento de fibras musculares puede considerarse a la Electroestimulación soporte de rehabilitación física deportiva.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las lesiones hacen que paciente deportista entre en una etapa de inactividad, consecuencia de este periodo se produce la disminución de las capacidades físicas, aeróbicas, anaeróbica afectándose principalmente el tipo de fibra muscular II lo que hace que la calidad de la contracción muscular no sea la misma en cuanto a potencia se refiere por la amiotrofia muscular, la que es un determinante para la óptima reintegración deportiva del paciente.

En el periodo fisioterapéutico se debe reactivar el músculo atrofiado utilizando una secuencia lógica de ejercicios que garanticen un fortalecimiento muscular real, que concluya en el restablecimiento total de la lesión y produzca a la vez un retorno a la competencia deportiva satisfactorio.

Una de las complicaciones que comúnmente se ha observado es lo difícil que resulta para los terapistas físicos lograr un fortalecimiento muscular optimo y que se vea reflejado en el volumen del músculo, en muchos casos no se obtiene un volumen muscular similar al mismo músculo del otro miembro.

Las fases del fortalecimiento muscular son además de la del reclutamiento de fibras, la adaptación anatómica al trabajo con cargas, fortalecimiento propiamente dicho e hipertrofia muscular todo este proceso si se lo realiza bien puede durar de 6 meses a un año.

Paralelamente al tratamiento en las fases iníciales de la distensión del ligamento colateral medial, se inicia el proceso de reclutamiento de fibras motoras, observando la ley del no dolor, este proceso dura 2 a 3 semanas, teniendo como objetivo principal evitar la desactivación de las fibras motoras activas afectadas por la inmovilización que ocasiona la lesión en su fase inicial de tratamiento y en el caso de que ya se han desactivado algunas unidades motoras evitar que esta desactivación continúe,

iniciando una activación de estas, cumpliendo así, lo que llamamos reclutamiento de fibras motoras inducida por la acción de la corriente eléctrica y la ejecución de ejercicios concéntricos progresivos sin carga inicialmente y con carga después.

Por lo cual me he planteado el siguiente problema:

¿Cuál es la técnica más eficaz para el reclutamiento de fibras musculares, la Electroestimulación con Compex mas ejercicio concéntrico o el ejercicio concéntrico, en pacientes deportistas entre 18 y 33 años de edad que asisten a Asofisio en el periodo de enero a abril del 2011?

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la eficacia diferencial de las técnicas para el reclutamiento de fibras musculares, la electroestimulación con Compex mas ejercicio concéntrico frente al ejercicio concéntrico, en pacientes deportistas entre 18 y 33 años de edad con amiotrofia de cuádriceps con distensión del ligamento colateral interno grados 1 y 2, que asisten a Asofisio en el periodo de enero a abril del 2011.

Objetivos específicos

- Caracterizar la población de estudio: edad, sexo, deporte, grado de distensión del ligamento colateral interno, amiotrofia.

- Determinar la eficacia del reclutamiento de fibras musculares en pacientes con distensión del ligamento colateral interno.

- Identificar la amiotrofia en los pacientes con distensión del ligamento colateral interno.

- Diferenciar la activación muscular del cuádriceps de acuerdo al grado de distensión del ligamento colateral interno.

- Describir el uso y características del EMG retrainner como herramienta de estudio.

CAPÍTULO I

ANATOMÍA FUNCIONAL DE LA RODILLA

La rodilla es una articulación sinovial o diartrosis compuesta, debido a que conecta el fémur y la tibia en una articulación bicondílea y el fémur y la rótula en una articulación troclear.

Es una articulación uniaxial pero posee una rotación conjunta en el momento en que la rodilla está llegando a su máxima extensión, en los seres humanos es vulnerable a lesiones graves y al desarrollo de artrosis, ya que las extremidades inferiores soportan casi todo el peso del cuerpo. (Martínez A. 2005. Pàg.103)

La rodilla se clasifica como biaxial y condílea, en la cual una superficie cóncava se desliza sobre otra convexa alrededor de dos ejes. Como superficies articulares presenta cóndilos del fémur, superficie rotuliana del fémur, carilla articular de la rótula y meniscos femorales, la cápsula articular es grande y laxa, y se une a los meniscos. Además, la rodilla está compuesta, desde el punto de vista morfológico, por la yuxtaposición de dos articulaciones secundarias: la Femororrotuliana y la femorotibial, la primera de las cuales constituye una articulación por deslizamiento, protege por delante el conjunto articular y elevando al mismo tiempo al músculo cuádriceps, por otro lado permite que las tracciones de este sobre la tibia tengan lugar con un cierto ángulo de inclinación y no en sentido paralelo, pues así aumenta su poder de tracción.

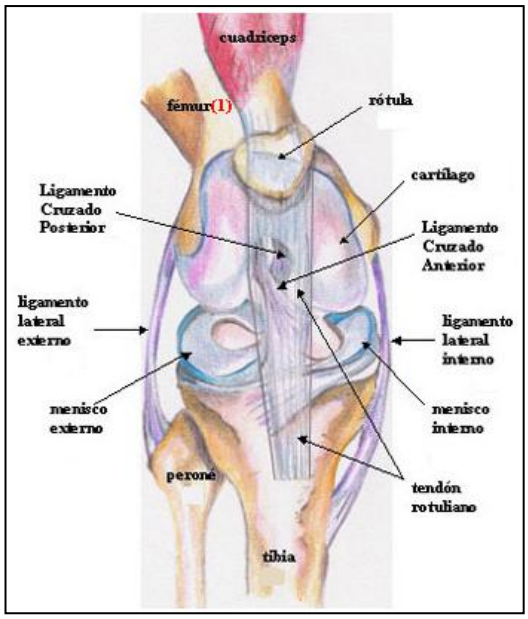
Con relación a la articulación femorotibial se puede decir que el menisco articular la divide en dos cámaras: la proximal o superior, que corresponde a la articulación femoromeniscal, responsable de los movimientos de flexión y extensión de la pierna y la distal o inferior, que corresponde a la articulación meniscotibial y permite los movimientos de rotación de la pierna. La rodilla humana está construida normalmente con un cierto grado de valguismo, ello significa que estando extendido el miembro

inferior, los ejes del fémur y de la tibia no se continúan en línea recta, sino que forman un ángulo obtuso abierto hacia afuera.

Es importante mencionar que este ángulo de divergencia de los dos huesos que constituyen la articulación mide, como término medio, de 170 a 177º, además conviene distinguir desde el punto de vista de construcción de la rodilla humana, el eje anatómico o diafisario del fémur llamado eje mecánico o dinámico de este, que es la línea que une el centro de la cabeza femoral con el centro anatómico de la rodilla y el centro de la articulación tibiotarsiana, este último eje representa la línea de apoyo o gravedad de toda la extremidad inferior, por otra parte en los individuos normales, el eje mecánico o dinámico pasa por el centro de la articulación, o bien un poco por dentro o un poco por fuera, no sucede lo mismo en las desviaciones patológicas conocidas como genu valgum y genu varum. En estos casos, la línea pasa completamente por fuera (genu valgum) o por dentro de la rodilla (genu varum).Además la rodilla posee un fuerte aparato ligamentoso, cuyos ligamentos son: colateral tíbial o interno y fibular o externo, transverso de la rodilla, meniscofemoral anterior y posterior, así como cruzados anterior y posterior

GRÁFICO N° 1

ANATOMÍA DE LA RODILLA



Fuente: e-ciencia.com

1.1 Componentes Óseos

A la rodilla se la define como una articulación bicondílea, la misma que está compuesta por dos cóndilos femorales que, a modo de cilindros, giran sobre la superficie casi plana de los platillos tíbiales. Todos los componentes que otorgan la estabilidad son del tipo de la cápsula de la articulación, los ligamentos y los meniscos, además ofrece dos caras articulares, una para el fémur y otra para la tibia. (Caillet. R 2006. Pág.125).

1.1.1 La Rótula

> "Es un hueso plano y redondeado que se encuentra incluido en el tendón terminal de los músculos cuádriceps femorales y está situado por delante de la extremidad inferior del fémur"[1].

Además mejora la eficiencia del cuádriceps incrementando el brazo de palanca del mecanismo extensor de la rodilla, centraliza las fuerzas divergentes de los cuatro fascículos del cuádriceps, cuando la rótula está centrada en su lugar no existe problemas para que la persona pueda caminar, correr, saltar, subir y bajar escaleras, estar de pie.

Pueden considerarse en él una cara anterior, una cara posterior, la base, el vértice o apex y dos bordes laterales:

- Cara anterior o cutánea: es convexa de arriba a abajo y también en sentido transversal. Esta cubierta de manojos fibrosos procedentes del tendón del cuádriceps, único músculo que se inserta en la misma. La separa de la piel una bolsa serosa llamada bolsa prerotuliana

- Cara posterior: tiene dos partes: la parte inferior rugosa próxima al paquete adiposo y la parte superior lisa próxima a los cóndilos del fémur.

- Base: Forma una pequeña superficie triangular de vértice superior.

---

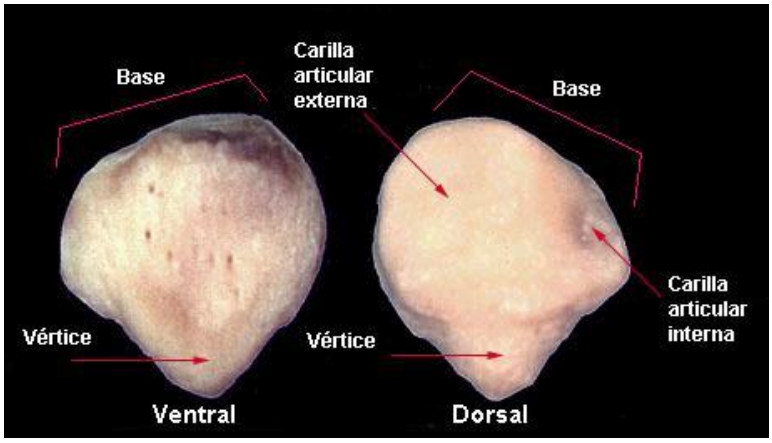
[1] BAHR, ROALD. (2007). Lesiones deportivas: diagnóstico tratamiento y rehabilitación. Buenos Aires, Argentina. Editorial Médica Panamericana. Pág.58

- Presta inserción en su mitad anterior al tendón del cuádriceps.

- Vértice: Presta inserción al ligamento rotuliano.

GRÁFICO N° 2

RÓTULA



Fuente: e-ciencia.com

1.1.1.1 Función de la Rótula

En condiciones normales la rótula, sirve de inserción para las fibras del tendón del cuádriceps y del tendón rotuliano, la misma que sirve además para soportar las fuerzas de contacto sobre sus carillas interna y externa, por otra parte las lesiones de la rótula pueden causar la degeneración del cartílago que se encuentra atrás de la misma y tener consecuencias como la debilidad de la articulación de la rodilla, la rótula es un hueso movible en la parte anterior de la articulación de la rodilla, y que se encuentra envuelta en un tendón que conecta los músculos de enfrente de los cuádriceps a la tibia.

El mecanismo del cuádriceps está compuesto de dos tendones, el tendón crural, que está por arriba de la rótula y el tendón rotular que está por debajo, además permite que la rodilla quede alineada. Del mismo modo tiene la función de actuar como un punto de apoyo para incrementar la fuerza del cuádriceps, la parte posterior de la rótula está cubierta por cartílago articular que es el encargado de acolchonar los huesos de dicha articulación para evitar que se lastimen haciendo que la rótula se deslice suavemente en el sinovial del fémur. (Bahr, Roald. 2007 Pàg.61).

1.1.1.2 Causas de los problemas de la rótula a la rodilla

Las laceraciones y el desgaste de la rótula son los problemas que se presenten frecuentemente en la rodilla, cuando uno de los músculos del cuádriceps se debilita, el movimiento de contracción de la misma ejerce mayor presión en una parte de los meniscos que en otra, lo que provoca el desgaste del mismo, lo que puede provocar que la rótula se mueva de lugar equivocadamente, esto se conoce como condromalacia rotular, otra de las enfermedades de la rótula puede ser que la articulación de la rodilla sea afectada por osteoartritis.

La malformación es una de las patologías genéticas de los huesos de la articulación de la rodilla, estas malformaciones se pueden dar por que la epífisis del fémur tenga un ángulo mayor a lo normal, lo que trae complicaciones en la unión de éste con la tibia, de manera normal, el mecanismo de la rodilla funciona así: al momento de contraerse el cuádriceps, la fuerza que se ejerce trata de mantener derecho este ángulo hace que la rótula sea empujada hacia el frente de la articulación.

Se debe tener en cuenta que en los casos en los que el ángulo del fémur es mayor, al momento de hacerse la contracción de los músculos, la rótula es empujada hacia delante con mayor presión, lo que ocasiona que al deslizarse hacia el sinovial se mueva hacia fuera y ejerza mayor presión en uno de los lados que en el otro y ocasione un daño al cartílago articular, en el otro extremo está el caso en el que un lado del hueso del fémur es más pequeño que lo normal, lo que provoca que el canal de la rótula sea muy superficial, normalmente en la parte anterior de la rodilla, en estos casos, la rótula puede deslizarse afuera de su ranura y causar una dislocación, que puede dañar al cartílago articular que se encuentra atrás de ella. (Bahr, Roald. 2007 Pàg.63).

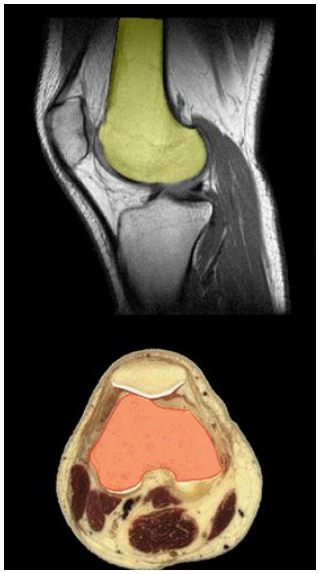
1.1.2 El Fémur

Localizado en el muslo, es el hueso más largo, fuerte y voluminoso del cuerpo humano, esta unidos por medio de una articulación en su extremo superior al hueso coxal que conforma la cabeza y en su extremo inferior donde se encuentra la tróclea se une con la tibia en la rodilla por medio de la articulación femorotibial. Tiene su origen en La caña del fémur, la misma que se curva anteriormente a lo largo de su eje longitudinal y se ensancha ligeramente en sus extremos, la superficie del fémur es lisa

con la excepción de un grueso cordón posterior que es utilizada como punto de inserción de los músculos bíceps femoral, abductor mediano, abductor menor, y porciones del abductor mayor. (Bowen, T. R. 2005. Pág.71).

GRÁFICO N° 3

FÉMUR



Fuente: e-ciencia.com

1.1.2.1 Cóndilo Externo e Interno del Fémur

En su extremo inferior el fémur se va ensanchando de manera simultánea en sentido transversal y antero posterior y se curva de delante hacia atrás, de tal manera que el eje longitudinal del cuerpo del hueso, prolongado hacia abajo, forma dos partes muy desiguales siendo la anterior mucho más pequeña que la posterior.

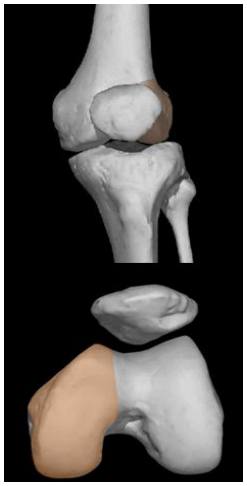
El extremo inferior del fémur cuando se lo ve por delante muestra una superficie articular en forma de polea, llamada tróclea femoral, el mismo que está formada por dos caras laterales que se inclinan una hacia la otra formando la garganta de la tróclea. En la parte inferior del hueso, la garganta de la tróclea e remplazada por una amplia escotadura que divide el fémur en dos porciones laterales llamadas cóndilos, por tal motivo a la escotadura se la denomina fosa intercondilínea

Los dos cóndilos se denominan interno y externo, el cóndilo interno es más pequeño que el externo. Este último presenta en su parte superior una fuerte eminencia conocida como tuberosidad externa para la inserción del ligamento lateral externo. Inmediatamente por detrás de esta tuberosidad se observan dos

excavaciones, la superior para la inserción del gemelo externo y la inferior para la inserción del poplíteo.

GRÁFICO N° 4

CÓNDILO EXTERNO DEL FÉMUR

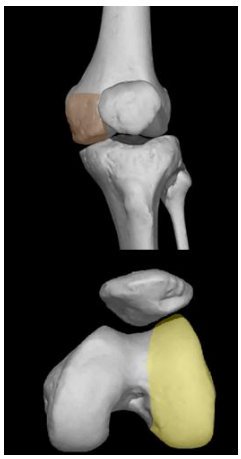


Fuente: e-ciencia.com

Como ya se mencionó anteriormente los dos cóndilos se denominan interno y externo, en la cara lateral del cóndilo interno se encuentra, en la parte media, una gruesa eminencia llamada tuberosidad interna donde se inserta el ligamento lateral interno de la articulación de la rodilla. Por encima de esta tuberosidad, se levanta en tubérculo del abductor mayor. Por detrás y por debajo del tubérculo del abductor mayor se encuentra una pequeña excavación para la inserción del músculo gemelo interno. (Bowen, T. R. 2005. Pág.75)

GRÁFICO N° 5

CÓNDILO INTERNO DEL FÉMUR



Fuente: e-ciencia.com

1.1.3 La Tibia

Después del fémur la tibia constituye el segundo hueso más largo del cuerpo humano, se encuentra articulada en su parte superior con el fémur y la rótula, lateralmente con el peroné y en su parte inferior con el tobillo. (Cyriax, J 2005. Pág.63)

Se divide en los cóndilos medial y lateral. La superficie proximal de la tibia, que se articula con el fémur comprende dos facetas que son la antero-externa la cual es ligeramente cóncava en tanto que la antero-interna es algo convexa, lisa y está situada seguidamente por debajo de la piel.

Las partes centrales de las facetas tíbiales albergan los cóndilos femorales, los bordes de las facetas tíbiales sirven como puntos de anclaje de los respectivos meniscos, la protuberancia intercondilar representa una elevación entre las dos facetas articulares y está limitada por los tubérculos interno y externo.

Los tubérculos tibiales sirven de puntos de anclaje del ligamento patelar, el tubérculo de Gerdy, sobre la superficie antero-lateral de la tibia proximal sirve para la inserción del tracto iliotibial, igualmente los tendones sartorius, gracilis y semitendinoso se insertan en la tibia anteromedial proximal tibial. El tendón semimenbranoso se inserta en el margen posteromedial de la tibia proximal.

GRÁFICO N° 6

LA TIBIA

Fuente: e-ciencia.com

1.2 Componentes de Partes Blandas

Es de suma importancia conocer que la rodilla está constituida por partes blandas las mismas que se describirán a continuación.

1.2.1 Meniscos

> "Los meniscos están formados por estructuras fibrocartilaginosas curvas y en forma de cuña, localizadas en la periferia de la articulación tibiofemoral, que se encuentran unidos uno con otro y con la cápsula de la articulación." [2]

El menisco interno mide aproximadamente diez milímetros de ancho, el extremo posterior es más ancho que la parte media, además posee una curva más amplia que el menisco externo, por lo que parece una letra C, el borde anterior del menisco se une al borde anterior de la tibia y también a la espina intercondílea por medio de tejido fibroso.

Con frecuencia se une al ligamento cruzado anterior. Por medio del ligamento transverso, se une con el extremo anterior del menisco externo, el mismo que está firmemente unido en la periferia con la cápsula de la articulación y con la parte profunda del ligamento lateral interno, después el menisco se une con el engrosamiento fibroso de la cápsula y a su vez está unido a la parte tendinosa del semitendinoso.

El menisco externo mide doce o trece milímetros de ancho, la curvatura de este menisco es mayor que la del menisco interno, por lo que parece un anillo cerrado, ambos extremos del menisco externo se incrustan de manera directa en las eminencias intercondíleas y por medio de una unión fibrosa al ligamento cruzado posterior.

Una gran parte del extremo posterior se inserta en la fosa intercondìlea por medio de un fascículo llamado ligamento músculo femoral posterior, que de forma habitual se continua con el ligamento cruzado posterior.

---

[2] RENE CAILLET (2006). Anatomía Funcional, Biomecánica. Madrid. España. Editorial, Marban. Pág.193

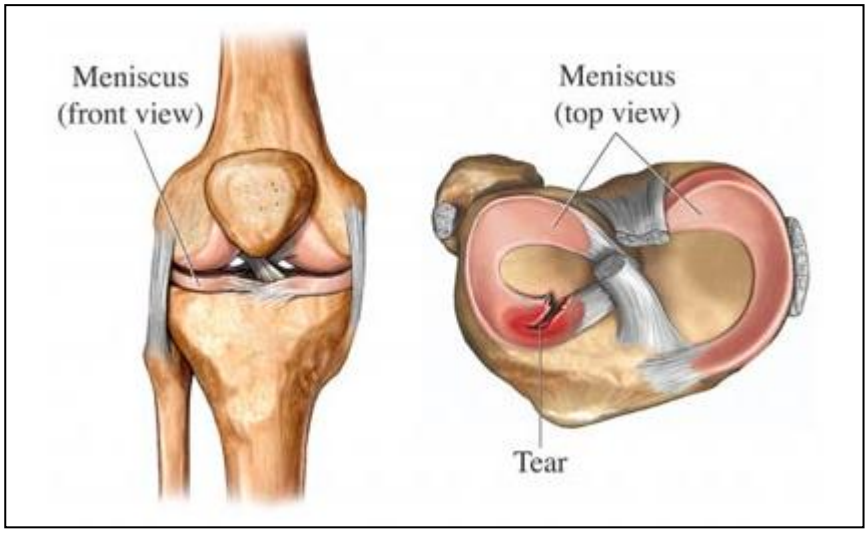
> “El menisco externo posee inserciones muy flácidas con la parte lateral de la cápsula, en la parte posterior, la vaina del tendón poplíteo se interpone entre la cápsula y el menisco externo.”[3]

Existe una bolsa sinovial entre el menisco y la cápsula. La pared exterior forma un compartimiento que contiene al tendón poplíteo.

El menisco externo tiene gran movilidad especialmente alrededor de las inserciones del punto de apoyo con las eminencias intercondíleos de la tibia con una pequeña inserción capsular lateral o ninguna.

GRÁFICO N° 7

MENISCOS



Fuente: abcfisioterapia.com

Es preciso conocer la estructura microscópica de los meniscos para así poder percibir los posibles daños derivados de esfuerzos pocos frecuentes, el menisco se compone de tres zonas diferenciadas de haces de fibras colágenas. El tercio exterior del menisco se compone de fibras circunferenciales, mientras que las otras dos capas presentan fibras que circulan en dirección transversa. Estas dos zonas interiores están divididas en haz superior e inferior por una estrecha zona llamada haz perforante medio.

---

[3] RENE CAILLET (2006). Anatomía Funcional, Biomecánica. Madrid. España. Editorial, Marban. Pág.196

1.2.1.1 Función de los meniscos

La función de los meniscos es ayudar en la distribución de presión entre el fémur y la tibia para soportar el peso y así poder equilibrar la presión intraarticular de la acción muscular. Al hacer esto, también ayuda a la lubricación de la articulación. (Caillet 2006. Pág.215). Además los meniscos tienen como función:

- Amortiguar el roce entre los cóndilos femorales y los platillos tíbiales.
- Estabilizar ampliando la congruencia y acomodación de las superficies articulares.
- Distribución de fuerzas y líquido sinovial.

Su función protectora y estabilizadora se percibe en la inestabilidad que producen muchas veces las menisectomìas y los procesos degenerativos de las superficies articulares subsecuentes. Existen factores que predisponen la frecuencia de lesiones meniscales y son:

- Anormalidades del eje articular: genus varo, valgo, flexus, etc.
- Inestabilidad articular por amiotrofia y lesiones capsulo-ligamentosas.
- Anomalías congénitas: menisco discoide, atrófico, en aro, etc.

1.2.1.2 Movimiento de los meniscos

Básicamente, los meniscos se insertan en la tibia. El menisco interno se inserta en el ligamento lateral interno alrededor de toda su periferia y en ambos extremos por medio de la unión interna con la espina de los ligamentos tíbiales. El menisco externo se inserta en forma similar en ambos extremos.

Si se considera anatómicamente a la articulación tibiofemoral como el espacio articular de la rodilla, entonces puede considerarse que está formada por espacios meniscofemorales y meniscotibiales.

Esta división anatómica explica el movimiento de los meniscos, en el que acompañan a la tibia durante flexión y extensión, y al fémur en la rotación con la rodilla flexionada. Este movimiento de los meniscos se explica por la inserción en los ligamentos laterales.

1.2.2 Ligamentos

> "Un ligamento es una estructura anatómica en forma de banda de tejido blanco, compuesto por fibras resistentes y ligeramente elástico, es una parte muy importante de las articulaciones esqueléticas que une los extremos de los huesos para prevenir luxaciones y movimientos enormes que podrían producir una ruptura, los ligamentos también soportan muchos órganos internos, incluyendo el útero, la vejiga, el hígado, el diafragma y ayudan a dar forma y a soportar el busto." [4]

Los ligamentos, especialmente los de las articulaciones del tobillo y la rodilla, a veces se lesionan y se rompen usualmente por estrés de giro, cuando una rodilla gira mientras que el peso descansa sobre esa pierna en particular.

1.2.2.1 Ligamentos colaterales

Denominado también ligamento colateral que constituye a cada una de las dos cuerdas que unen el hueso del fémur con los huesos de la pierna: el ligamento medial, o interno, se inserta en la tibia, y tiene forma de banda, y el ligamento externo lo hace en el peroné, de forma parecida a un cordón.

Los ligamentos presentan una estructura similar a la de los tendones, excepto porque la disposición de las fibras colágenos es más irregular en los ligamentos que en los tendones, donde son mas paralelas. Además, los ligamentos contienen más fibras de elastina dentro de las fibras colágenas.

En su inserción en el hueso, los ligamentos presentan tres zonas: son paralelos en la zona uno, fibro-cartilaginosos en la zona dos y mineralizados en la zona tres, donde se funden con el hueso.

---

[4] HOMERO F. BIANCHI. (2007). Ligamento transverso menisco-meniscal de la articulación de la rodilla. Buenos Aires. Argentina. Pág.87

1.2.2.2 Ligamentos capsulares y colaterales

La cápsula de la articulación tibiofemoral es una membrana fibrosa delgada que se forma en las estructuras ligamentosas faciales. Las mismas que contribuyen a estabilizar la articulación de la rodilla, gracias a sus posiciones, estabilizan el movimiento lateral y medial (varo-valgo)

El ligamento colateral medial o ligamento colateral Interno contiene tres capas de tipo fascial localizadas en la cara medial de la articulación. Las capas uno, dos y tres son la fascia crural profunda, el ligamento superficial medial y la posición medial profunda y la cápsula, la capa superficial situada inmediatamente debajo de la piel es una capa fascial que encierra también la rótula anteriormente y recubre el hueso poplíteo posteriormente.

La capa dos constituye el ligamento colateral medial superficial, la misma que posee fibras paralelas verticales.

La capa tres es la cápsula que puede ser una capa independiente, o bien simplemente una capa entrecruzada con los ligamentos reticulares profundos.

GRÁFICO N° 8

LIGAMENTOS COLATERAL INTERNO

Fuente: zonamedica.com.ar

1.2.2.3 Ligamentos colaterales laterales

El comportamiento lateral de la articulación de la rodilla se extiende posteriormente desde el borde lateral del tendón rotuliano (anteriormente) hasta el

ligamento cruzado (posteriormente), se divide en tres fascículos que se extienden desde el epicóndilo lateral del fémur hasta la cara lateral de la cabeza del peroné donde se insertan, la cara anterior es la cápsula que se extiende desde el mecanismo extensor (la rótula y sus tendones) hasta el tracto iliotibial.

La porción media del ligamento colateral lateral es el tracto iliotibial, el mismo que se une al epicóndilo lateral del fémur y al tubérculo lateral del peroné, el ligamento colateral lateral se considera la cara posterior del tracto iliotibial y está situado por delante del centro de rotación de la articulación tibiofemoral.

La porción de la cara posterior del comportamiento lateral se compone de las fibras interdigitales de la cápsula y se denomina complejo ligamento arcuato, este comportamiento contiene el tendón del músculo poplíteo.

1.2.2.4 Ligamentos cruzados

En el centro de la rodilla se hallan dos ligamentos: cruzado anterior y cruzado posterior. Los cuales se cruzan uno sobre el otro, el ligamento cruzado anterior (LCA) sale de la cara no articular de la tibia y pasa superior, lateral y posteriormente, y acaba insertándose en la porción posterior de la escotadura intercondìlea, se considera anterior en virtud de su origen en la porción anterior de la tibia, es largo y firme y varias de sus fibras se adhieren a la punta anterior del menisco lateral y se calcula que un 20% de sus fibras llegan consecutivamente hasta el origen posterior del mecanismo lateral, y por último se inserta en la carilla posterior de la cara medial del cóndilo femoral lateral.

El ligamento cruzado posterior (LCP) constituye un ligamento intraarticular extrasinovial que se inserta en la cara lateral del cóndilo femoral tíbial, donde su más estrecha porción posterior se extiende en abanico sobre el borde posterior de la tibia. Como se ha mencionado anteriormente presenta el doble de resistencia que el LCA, razón por la cual este ligamento rara vez se lesiona.

1.3 Inervación

La rodilla posee una inervación propia formada por ramas articulares del nervio femoral, que llegan a la rodilla a través de los nervios de los vastos y del safeno.

También existen ramas articulares de los nervios tíbial y peroneo común por encima de la articulación de la rodilla, debajo del borde inferior de la cabeza larga del bíceps. El tíbial inerva al semimembranoso y semitendinoso, así como la cabeza larga del musculo bíceps. (Caillet 2006. Pág.234).

1.4 Musculatura

Según, Karen Atkinson 2007, la rodilla se encuentra cruzada por varios grupos musculares provenientes del muslo y de la pierna, los mismos que según su función se los puede dividir en extensores y flexores.

1.4.1 Cuádriceps femoral

El cuádriceps femoral está constituido por el recto anterior, vasto interno, vasto intermedio y vasto externo, los mismos que convergen en el potente tendón del cuádriceps, que se inserta en el polo superior de la rótula, se prolonga por encima de la rótula, y se convierte en el tendón rotuliano.

Cuya misión es la extensión de la rodilla la cual debe lograrla manteniendo el equilibrio de la rótula, para que ésta deslice de forma adecuada sobre la tróclea femoral. Cualquier alteración en este mecanismo, es causa de los molestos problemas del aparato extensor, principalmente alteraciones del cartílago rotuliano, causantes de numerosas lesiones en la persona. La cintilla íleotibial o fascia lata cubre el muslo lateralmente y se inserta en el tubérculo de Gerdy, prominencia ósea de la tibia, entre la tuberosidad tíbial y la cabeza del peroné. Produce fuerzas de flexión o extensión dependiendo de la posición de la rodilla.

GRÁFICO N° 8

CUÁDRICEPS FEMORAL

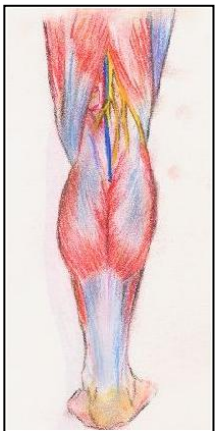
Fuente: zonamedica.com.ar

1.4.2 Isquiotibiales

- Constituyen músculos de la región posterior del muslo.
- Semitendinoso y semimembranoso, por su posición interna realiza una rotación interna de la pierna una vez que ha sido flexionada.
- Bíceps femoral. Por su posición lateral, realiza una rotación externa tras la flexión.
- La pata de ganso es la inserción tendinosa común de los músculos semitendinoso, recto interno y sartorio.

GRÁFICO N° 10

INSERCIÓN



Fuente: zonamedica.com.ar

1.4.3 Músculos Gemelos

Se encuentran conectados a dos articulaciones, la rodilla y el tobillo. Están formados por un gemelo externo, uno interno y un único tendón de inserción, cada músculo es una gruesa columna muscular, separados por la parte posterior de la rodilla, que al momento de descender se unen. (Clarkson, H. M. 2006. Pág.56).

El músculo gemelo interno es mayor y envuelve la pierna más hacia la parte delantera que el músculo gemelo externo, los dos terminan en la mitad de la pierna o ligeramente más arriba, donde se unen al tendón.

Los dos músculos crean la protuberancia fusiforme de la pantorrilla de la pierna, el tendón desciende y se funde con el tendón del sóleo, que se encuentra justo debajo,

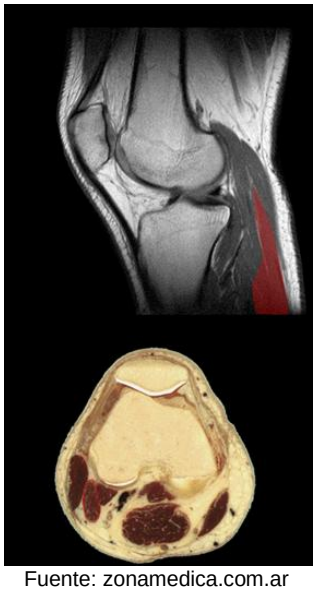
formando el tendón de Aquiles, que se inserta en el hueso del talón. También contribuye, aunque mínimamente, a flexionar la articulación de la rodilla.

Están formados por las cabezas medial y lateral se extienden en la parte superficial del compartimento posterior de la pantorrilla. La cabeza medial del músculo gemelo sale del cóndilo medial del fémur y la cabeza lateral del músculo gemelo sale del cóndilo lateral del fémur, y se unen en la parte superior de la pantorrilla.

El músculo gemelo está inervado por el nervio tibial (S1, S2). El aporte sanguíneo está asegurado por la arterial tibial posterior. La función principal del músculo gemelo es impulsar al cuerpo al andar, correr o saltar, elevar el talón, que levanta el cuerpo, flexionar la pierna, extender el pie y a la vez es supinador y abductor del mismo.

GRÁFICO N° 11

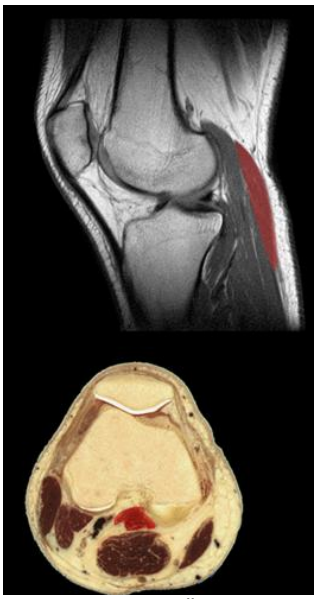
MÚSCULO GEMELO INTERNO



Fuente: zonamedica.com.ar

GRÁFICO N° 12

MÚSCULO GEMELO EXTERNO



Fuente: zonamedica.com.ar

1.4.4 Músculo Plantar

> "Es un músculo rudimentario relativamente corto y aplanado de la región posterior de la pierna limitado en su parte externa con el músculo gemelo externo y por delante con la cápsula articular"[5].

Un débil flexor de la pierna ubicado en la articulación de la rodilla y además un flexor plantar del pie en la articulación del tobillo.

Este músculo se origina en la parte poplítea del fémur en la porción superior del cóndilo externo y está adherido a la cápsula articular. El músculo plantar y su tendón se extienden oblicuamente desde el lateral hacia el medio entre el músculo gemelo y el sóleo. El largo tendón plantar continúa distalmente hacia el tendón de Aquiles insertándose en varios sitios.

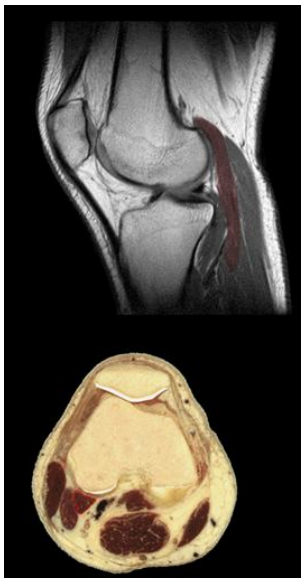
El músculo plantar está inervado por el nervio tibial, el suministro de sangre se consigue gracias a la arteria tibial posterior. La función del músculo plantar es que es un flexor menor de la rodilla y un flexor plantar del pie.

---

[5] Clarkson, H. M. (2006), Proceso evaluativo musculo esquelético: amplitud del movimiento articular y test manual de fuerza muscular, Ed. Paidotribo, Barcelona Pág. 58

GRÁFICO N° 13

MÚSCULO PLANTAR



Fuente: zonamedica.com.ar

1.4.5 Músculo Poplíteo

Este músculo está situado sobre la superficie dorsal de la articulación de la rodilla y de la tibia, debajo de los gemelos limitando por su borde inferior con el músculo sóleo, es un músculo corto, aplanado y triangular. (Clarkson, H. M. 2006. Pág.61).

Se inserta en la parte postero-externa del cóndilo externo por abajo, en el labio superior de la línea oblicua y cara posterior de la tibia. Lo inervan el nervio ciático poplíteo interno y el tibial posterior.

Es flexor y rotador de la pierna, exactamente a la altura de la rodilla, en su parte trasera, crea un hueco en la inserción de los gemelos, llamado hueco o cavidad poplítea, en la que es muy fácil tomar el pulso y realizar la inserción de vías para la administración de fármacos o alimentación parenteral. Las lesiones más comunes de esta zona son: torcedura del músculo femoral posterior, desgarro del tendón de los músculos del hueco poplíteo.

La función principal de estos músculos es enderezar la cadera y doblar la rodilla, suelen tener una fuerza menor que cuádriceps. Si la fuerza de estos músculos no es

de al menos un 70% de la fuerza existente en el cuádriceps, se produce una descompensación y puede llegar la lesión.

GRÁFICO N° 14

MÚSCULO POPLÍTEO

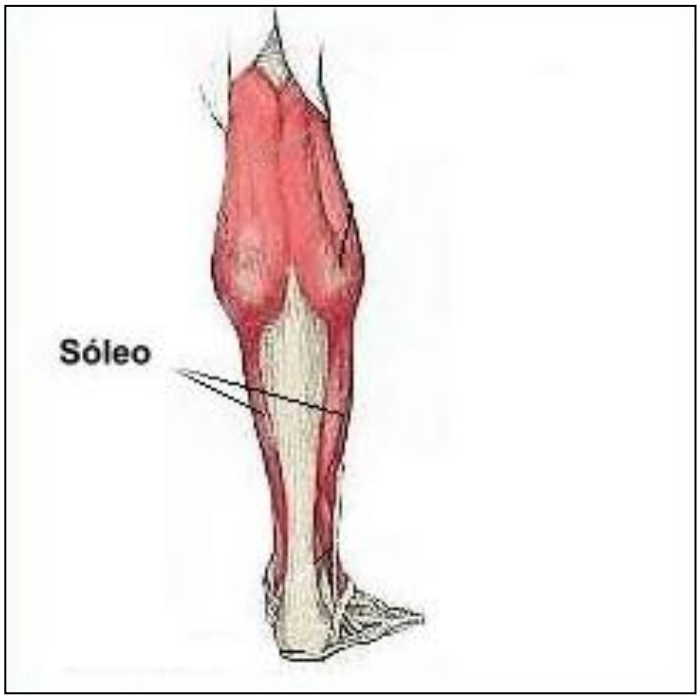
Fuente: zonamedica.com.ar

1.4.6 Músculo Sóleo

Constituye un músculo en la porción superficial del compartimento posterior de la pierna que se extiende debajo de los músculos gemelos, se origina a partir de dos cabezas: una de ellas se origina en parte proximal posterior del peroné y la segunda se origina en la línea poplítea y en la superficie posteromedial de la tibia proximal. El músculo sóleo se inserta en la parte anterior del tendón de los gemelos uniéndose a ellos para formar el tendón de Aquiles.

Este músculo se inerva por el nervio tíbial (S1, S2). El suministro sanguíneo se lleva a cabo vía la arteria tíbial posterior. Su función es la misma que los músculos gemelos: pone tensa la aponeurosis.

GRÁFICO N° 15
MÚSCULO POPLÍTEO



Fuente: zonamedica.com.ar

1.5 Biomecánica

De modo principal la rodilla cuenta con un solo grado de libertad de movimiento, que es la flexión y extensión, lo cual le permite a la rodilla regular la distancia de separación del cuerpo con el suelo, lo cual lo consigue acercando o alejando el extremo de la pierna a la raíz de la misma, es decir acercando o alejando el glúteo. (Martínez J. A, Nerin Ma. 2005. Pàg.135).

Además de este principal sentido de libertad, la rodilla cuenta de manera accesoria con un segundo sentido de libertad que se presenta solamente en la flexión. Este movimiento es de rotación sobre el eje longitudinal de la pierna.

La articulación de la rodilla desde el punto de vista mecánica es sorprendente; puesto que realiza dos funciones que pueden ser contradictorias:

La primera, es que debe poseer mucha estabilidad cuando se encuentra en extensión completa; en este punto es donde la rodilla soporta el peso del cuerpo.

Y la segunda, es que debe poseer gran movilidad en la flexión; que durante la marcha debe proveer una buena orientación

La articulación de la rodilla puede permanecer inalterable cuando es sometida de modo rápido a cambios de carga durante la actividad, lo cual se conoce como estabilidad dinámica de la rodilla, y es el resultado de la integración de la geometría articular, de las restricciones de los tejidos blandos y de cargas aplicadas a la articulación; a través de la acción muscular y el punto de apoyo que sostiene el peso.

La articulación de la rodilla realiza principalmente movimientos en 2 planos perpendiculares entre sí: flexo-extensión en el plano sagital (eje frontal) y, rotación interna y externa, en el plano frontal (eje vertical).

Para los movimientos debe tenerse en consideración que el espesor y volumen de un ligamento, son directamente proporcionales a su resistencia e inversamente proporcionales a sus posibilidades de distensión.

Movimientos de flexión y extensión: constituyen el movimiento principal de la rodilla, tiene una amplitud que se debe medir desde una posición de referencia que se toma cuando el eje de la pierna se encuentra en la prolongación del eje del fémur; es en ese período cuando el miembro inferior posee una máxima longitud.

Extensión.- es en este movimiento donde la cara posterior de la pierna se aleja del muslo; en realidad no existe una extensión absoluta de la pierna, por otra parte a partir de la máxima extensión se puede realizar un movimiento, de forma pasiva, de -5º a -10º llamada hiper-extensión. (Martínez J. A, Nerin Ma. 2005. Pàg.138).

La extensión activa es cuando la rodilla no suele rebasar la posición de referencia, lo cual depende, de la posición en la que se encuentre la cadera. De hecho la extensión de la cadera que ocurre previamente a la de la rodilla, prepara la extensión de esta última.

La extensión relativa es un movimiento complementario para la extensión de la rodilla a partir de cualquier posición, constituye el movimiento normal de la rodilla durante la marcha, y es cuando el miembro en balanceo se adelanta para entrar en contacto con el suelo.

Flexión.- es el movimiento inverso a la extensión, en el cual la cara posterior de la pierna se acerca a la parte posterior del muslo, en la flexión existen movimientos conocidos como flexión absoluta que ocurre a partir de la posición de referencia y movimientos de flexión relativa presentes en cualquier posición de flexión. (Martínez J. A, Nerin Ma. 2005. Pàg.138).

La flexión activa de la rodilla alcanza los 140º, únicamente si la cadera ya se encuentra en flexión, pero solo 120º si la cadera esta en extensión. Lo cual se debe a que los isquiotibiales no tienen la misma eficacia cuando la cadera esta en extensión.

En la flexión pasiva, la rodilla es capaz de desarrollar 160º, permitiendo el contracto entre talón y nalga, lo cual sirve como comprobación de la libertad de flexión de la rodilla, en condiciones normales la flexión solo es limitada por los músculos del muslo y de la pantorrilla.

Limitantes de la extensión:

- Distensión de los músculos flexores
- El segmento anterior de ambos meniscos
- La distensión de la parte posterior del manguito capsulo ligamentoso
- Los dos ligamentos laterales, que al estar situados por detrás del eje de movimientos, se ponen cada vez más tensos a medida que el movimiento de extensión progresa.

En la etapa de postura, la flexión de la rodilla funciona como un amortiguador para ayudar en la aceptación del peso.

Limitantes de la flexión:

- Distensión de los músculos extensores (cuádriceps crural)
- Por la masa de los músculos flexores en el hueco poplíteo, y

- El segmento posterior de los meniscos

Movimientos de rotación de la rodilla: se fundamentan en la libre rotación de la pierna, es decir, que tanto la tibia como el peroné giran alrededor del eje longitudinal o vertical de la primera, en sentido externo o interno.

La rodilla puede ejecutar únicamente estos movimientos de rotación, cuando se encuentra en posición de semiflexión, puesto que producen en la cámara distal de la articulación, y consisten en un movimiento rotatorio de las tuberosidades de la tibia, por debajo del conjunto meniscos-cóndilos femorales.

En la extensión completa de la articulación, los movimientos de rotación no pueden realizarse porque lo impide la gran tensión que adquieren los ligamentos laterales y cruzados.

La máxima movilidad rotatoria activa de la pierna se logra con la rodilla en semiflexión de 90º. La rotación externa es siempre más amplia que la interna (aproximadamente 4 veces mayor).

La capacidad de rotación de la articulación de la rodilla concede a la marcha humana mayor poder de adaptación a las desigualdades del terreno y, por consiguiente, mayor seguridad. Los movimientos de rotación desempeñan también, una función importante en la flexión de las rodillas, cuando se pasa de la posición de pie a la de cuclillas.

La capacidad de rotación de la rodilla permite otros grandes movimientos, por ejemplo: cambiar la dirección de la marcha, girar sobre sí mismo, trepar por el tronco de un árbol y tomar objetos entre las plantas de los pies.

Finalmente, existe una rotación axial llamada automática, porque va unida a los movimientos de flexo-extensión de manera involuntaria e inevitable.

Existen otras dos clases de movimientos en la rodilla los mismos que serán indicados a continuación:

Movimientos de abducción y aducción: Son más conocidos en semiología con el nombre de movimientos de inclinación lateral y corresponden realmente más a un juego mecánico de conjunto. En la posición de extensión, y fuera de todo proceso patológico, son prácticamente inexistentes. Su amplitud es del orden de 2 a 3, y obedecen a uno de los caracteres del cartílago articular, que es el de ser compresible y elástico.

Movimientos de la rótula: Frecuentemente se considera que los movimientos de la rótula no intervienen en los de la rodilla. La patela sufre un ascenso en la extensión y desciende en la flexión.

1.5.1 La articulación de la rodilla en la marcha normal

Es importante mencionar que existen determinantes de la marcha normal que intentan minimizar el desplazamiento vertical del cuerpo para reducir el gasto energético, el tronco oscila de lado a lado, con rotación axial y sagital simultánea, experimentando aproximadamente dos centímetros de desplazamiento. El peso corporal medio desde el centro de gravedad es el tronco, la cabeza y las extremidades superiores. (Caillet 2006. Pág.241).

Estos determinantes durante la marcha normal son la fase de oscilación y la fase de reposo, durante la fase en que una pierna se balancea, dicha pierna aumenta en un 15% la carga que soporta la otra pierna (de apoyo), en la fase de apoyo de una pierna, el 85% de todo el peso corporal recae sobre dicha pierna.

Cuando se inicia la marcha hacia delante, el centro de gravedad del cuerpo se desplaza en la misma dirección y la carga recae sobre una pierna mientras la otra se balancea, básicamente para evitar que el cuerpo caiga hacia delante.

Esta es la fase de oscilación, en la que la cadera se flexiona unos 20º y la rodilla se flexiona lo suficiente como para que el pie pueda elevarse del suelo. Cuando la pierna completa la fase de oscilación, el pie adelantado golpea el suelo con el talón ya que el pie en este punto se ha dorsiflexionado para no tocar el suelo durante el balanceo, cuando el cuerpo pasa por encima del talón-pie, la rodilla pasa de una posición levemente flexionada a la extensión total, de forma que el peso corporal no

recaiga en la rodilla flexionada. En el momento en que se da el impacto del golpe del talón, la rodilla se curva levemente (15º) para minimizar el impacto.

1.5.2 La rodilla en la subida y bajada de escaleras

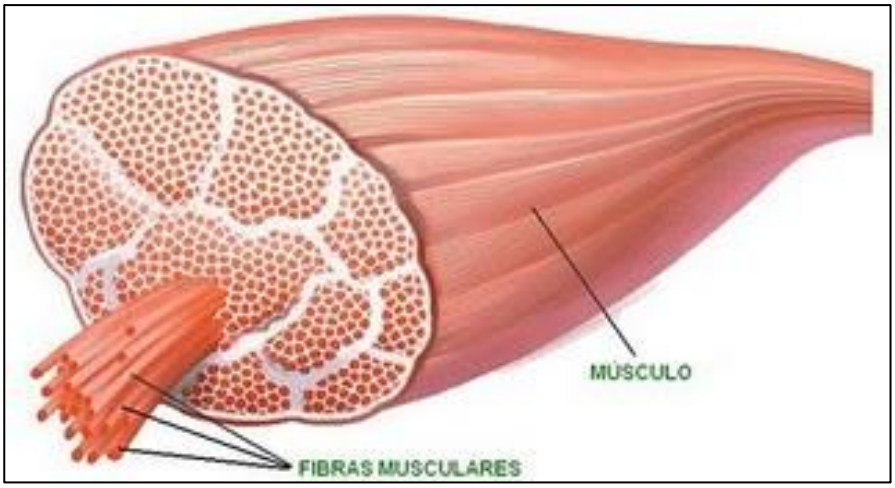
El grupo muscular del cuádriceps es vital en la subida y bajada de escaleras. La articulación pie-tobillo interviene en la subida y bajada de escaleras, pero los músculos del cuádriceps constituyen la fuerza principal (A). Inicialmente la articulación pie-tobillo se dorsiflexiona pasivamente, produciendo gradualmente la flexión plantar (B) a medida que se extiende la rodilla. En el descenso, el cuádriceps desacelera a medida que el pie se dorsiflexiona pasivamente (C).

CAPÍTULO II

FIBRAS MUSCULARES

La célula del músculo de denomina fibra muscular, son células de forma cilíndrica y alargadas. La membrana plasmática de las fibras musculares se llama sarcolema y el citoplasma sarcoplasma. En su interior se encuentran diferentes organelas y numerosas mitocondrias, glucógeno, ácidos grasos, aminoácidos, enzimas y minerales, de las cuales se hablara más adelante. (Fleck S 1999. Pág. 65)

GRÁFICO N° 16
MÚSCULO



Fuente: tonimartel.wordpress.com

Asimismo posee una proteína, la mioglobina, que actúa en el transporte y en la reserva de oxígeno dentro del músculo.

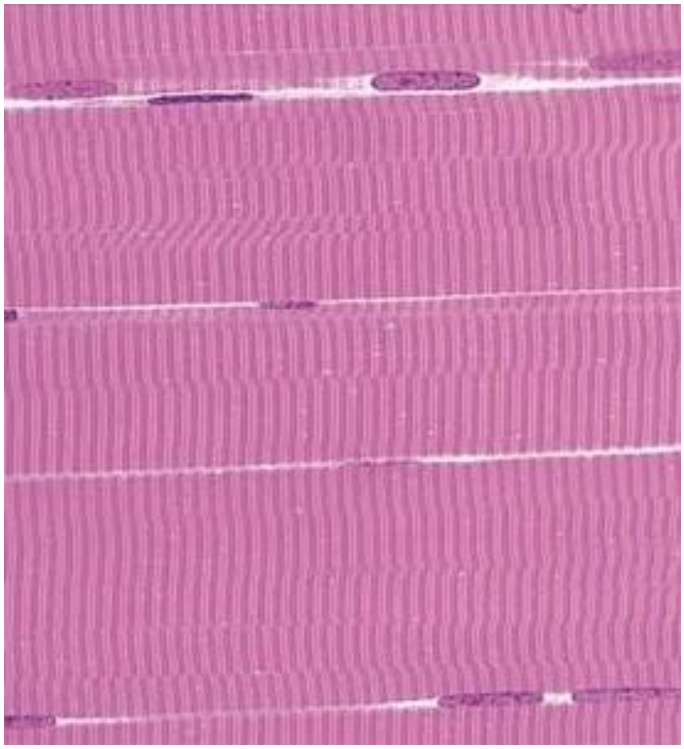
Es de suma importancia indicar que existen tres tipos de fibras musculares las mismas que son:

Fibras musculares estriadas.- contienen muchos núcleos y bandas transversales que le dan un aspecto estriado. Los músculos esqueléticos están formados por fibras musculares estriadas que se contraen de modo rápido y en manera voluntaria. (Weineck, J. 1991 Pág. 37)

Cada fibra muscular estriada está rodeada por una membrana llamada endomisio, conjuntos de fibras musculares estriadas se unen entre sí por medio de tejido conectivo llamado perimisio, para dar lugar a la formación de fascículos.

GRÁFICO N° 17

FIBRA MUSCULAR ESTRIADA

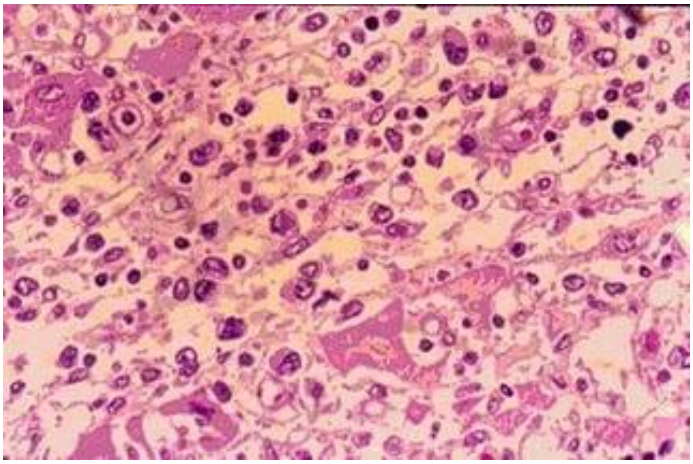


Fuente: infermeravirtual.com

Fibras musculares cardíacas.- al igual que las fibras musculares estriadas tienen aspecto alargado y estriaciones transversales, con la diferencia de solo uno o dos núcleos de ubicación central, mencionadas fibras están presentes en las paredes del corazón y su movimiento es involuntario. (Weineck, J. 1991 Pág. 38)

GRÁFICO N° 18

FIBRA MUSCULAR CARDÍACA

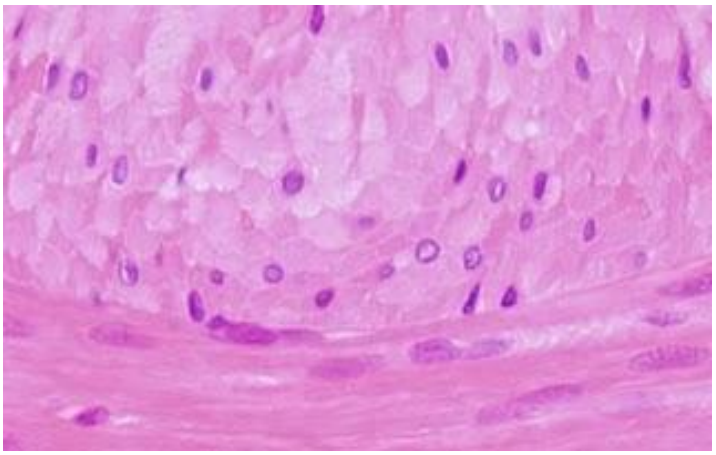


Fuente: news.blc.co.uk

Fibras musculares lisas.- estas fibras no tiene estriaciones transversales y contiene un solo núcleo. Producen contracciones más lentas, dichas fibras musculares lisas están en las paredes del tracto digestivo favoreciendo el peristaltismo, en el tracto respiratorio, urogenital y en los capilares sanguíneos y linfáticos. (Weineck, J. 1991 Pág. 37)

GRÁFICO N° 19

FIBRA MUSCULAR LISA



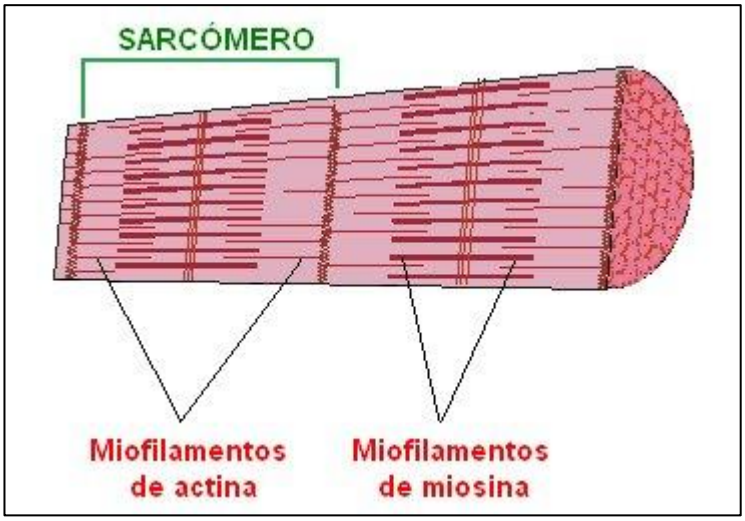
Fuente: news.blc.co.uk

De acuerdo con Fleck S, las fibras musculares se encuentran atravesadas en toda su longitud por las miofibrillas, estructuras ubicadas en el sarcoplasma y responsables de la contracción y relajación del músculo, existen millares de miofibrillas en cada fibra muscular.

Cada miofibrilla está formada por dos tipos de miofilamentos, de los cuales uno es grueso y se llama miosina, y el otro es más delgado y recibe el nombre de actina. Tanto la miosina como la actina son proteínas, cada miofibrilla contiene centenares de miofilamentos, los mismos que permiten la contracción del músculo ante estímulos eléctricos o químicos.. La disposición de los miofilamentos en la miofibrilla da lugar a estructuras que se repiten denominadas sarcómeros.

GRÁFICO N° 20

ESTRUCTURA DE UNA MIOFIBRILLA



Fuente: tonimartel.wordpress.com

Los sarcómeros constituyen las unidades funcionales de las miofibrillas, capaces de generar contracciones musculares en las fibras estriadas. Cada sarcómero está formado por un filamento de miosina y dos filamentos de actina ubicados en forma adyacente.

Los músculos generan la fuerza y la resistencia que el cuerpo humano requiere en el momento de realizar cualquier actividad, son los encargados de mover los huesos y por ende todo el cuerpo.

Con el propósito de entender mejor su funcionamiento es necesario conocer que los músculos del cuerpo están compuestos por dos tipos de fibras musculares que son las fibras de contracción lenta y las fibras de contracción rápida las mismas que cada persona posee en diferente proporción, pues no existe un número exacto ya que esto depende mucho de la genética de cada individuo

Las características de ambos tipos de fibras quedan establecidas en una fase temprana de la vida, ya que se trata de algo que implanta la genética.

Las fibras musculares poseen cualidades diferentes las cuales se encuentran muy bien definidas. En el caso de las fibras de contracción lenta tienen una gran resistencia aeróbica, están preparadas para optimizar la energía y aprovecharla al máximo, haciendo que la persona resista más frente a una determinada actividad, mencionadas fibras se utilizarán a la hora de realizar actividades de baja intensidad en las que la resistencia es esencial, no se trata de fibras preparadas para explosionar a la hora de vencer una carga o un peso. (Weineck, J. 1991 Pág. 39)

Un claro ejemplo son las pruebas de maratón, en las que es necesario hacer acopio de la resistencia corporal.

En cambio las fibras musculares de contracción rápida se refieren a tejidos que no están preparados para resistir, sino para producir energía rápida de manera anaeróbica. La fuerza que generan es elevada y rápida, pero su nivel de resistencia es bajo, por lo que de inmediato se fatiga son fibras musculares que se utilizan a la hora de llevar a cabo pruebas breves en las que el requerimiento de energía rápida de explosión es máximo, son las que se movilizan a la hora de elevar una carga o cuando la persona corre distancias cortas en poco tiempo para obtener los mejores resultados.

2.1 Estructura Química Muscular

Como ya se mencionó anteriormente la fibra muscular es una célula muscular, fusiforme y multinuclear tiene la estructura similar a la de cualquier otra célula del cuerpo, está recubierta por una membrana celular llamada endomisio y está compuesto por miofibrillas, sarcolema y el citoplasma es llamado sarcoplasma. Contiene organelos celulares, núcleo celular, mioglobina y un complejo entramado proteico de fibras llamadas actina y miosina cuya principal propiedad, llamada contractilidad, es la de acortar su longitud cuando son sometidas a un estímulo químico o eléctrico.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de sus componentes:

El sarcolema.- es la membrana externa de plasma que rodea cada fibra, es una membrana semipermeable y lipídica, tal como las demás membranas de otras células eucarióticas, está constituida por una membrana plasmática y una capa de material polisacárido (hidratos de carbono), así como fibrillas delgadas de colágeno que ofrecen resistencia al sarcoplasma, el sarcolema consiste en la membrana plasmática de la célula, su lámina externa y la lámina reticular circundante

La continuidad de la membrana en la fibra muscular se extiende en forma de trabéculas hasta el interior de la célula a través del sarcoplasma, cuyas formaciones de canales tubulares con sus ramificaciones se le conoce como túbulos-T. Este desarrollado sistema de cisternas en asociación con el retículo endoplasmático liso contribuye con la propagación del potencial eléctrico que produce la contracción de la fibra muscular. (McARDLE, W 1998. Pág. 71). El sarcolema o membrana celular, se fusiona al tendón por los extremos

El sarcoplasma.-"constituye la parte líquida (gelatinosa) de las fibras musculares, llena los espacios existentes entre las miofibrillas, equivale al citoplasma de una célula común" (McARDLE, W 1998. Pág. 73). Se encuentra compuesto de los organelos celulares como son: aparato de Golgi, cercano al núcleo, de las mitocondrias, justo por dentro de la membrana citoplasmática (el sarcolema) del retículo endoplasmático liso que está organizado de una manera especial, de una red extensa de túbulos llamados sarcotúbulos, además de glucógeno, proteínas, grasas, minerales (potasio, magnesio, fosfato), enzimas, mioglobina, entre otros, etc.

La concentración de calcio en el sarcoplasma es de igual forma un elemento especial de la fibra muscular por medio del cual se producen y regulan las contracciones

Túbulos transversales (túbulos t): constituyen extensiones del sarcolema que pasan de modo lateral a través de la fibra muscular los cuales se encuentran interconectados (entre miofibrillas).

Sirven de vía para la transmisión nerviosa (recibido por el sarcolema) hacia las miofibrillas, permiten que la onda de polarización pase con rapidez a la fibra o célula muscular, de forma que se puedan activar las miofibrillas que se encuentran

localizadas profundamente. Al mismo tiempo, los túbulos T representan el camino para el transporte de líquidos extracelulares (glucosa, oxígeno, iones.)

Retículo sarcoplasmático.-componen una compleja red longitudinal de túbulos o canales membranosos, se encuentran paralelos a las miofibrillas (y sus miofilamentos) y dan vueltas alrededor de las mismas, mencionada red tubular por lo general se extiende a través de toda la longitud del sarcómero y están cerrados en cada uno de sus extremos. Sirve como depósito para el calcio, el cual es fundamental para la contracción muscular, la dimensión de su estructura es de gran importancia para producir contracción rápida. (McARDLE, W 1998. Pág. 73)

El sarcómero: constituye la unidad funcional básica de una miofibrilla, son las estructuras que se forman entre dos membranas Z consecutivas. Contiene los filamentos de actina y miosina (formada por una banda A y media banda I en cada extremo de la banda A). Un conjunto de sarcómeros forman una miofibrilla. Los componentes del sarcómero (entre las líneas Z) son, la Banda I (zona clara), Banda A (zona oscura), Zona H (en el medio de la Banda A), el resto de la Banda A y una segunda Banda I. Estas bandas corresponden a la disposición y solapamiento de los filamentos. (McARDLE, W 1998. Pág. 74).

Las proteínas del sarcómero se encuentran distribuidas:
Actina y miosina: forman 85% del miofilamento
Titina : 10% (filamento conector)
Nebulina : 5%
Tropomiosina: 5%
Troponina: 3%

El filamento delgado está compuesto por actina, que es de forma globular y se agrupa formando dos cadenas, la tropomiosina, la cual es en forma de tubo y se enrolla sobre las cadenas de actina y la troponina, que se une a la cadena de actina y tropomiosina a intervalos regulares.

El filamento grueso está constituido por 200 moléculas de miosina, cuya forma tiene dos partes, dos colas de proteínas enrolladas y en sus extremos las cabezas de miosina que realizarán los puentes cruzados.

La banda A no modifica su anchura durante la contracción Solamente la banda I. Los filamentos gruesos de miosina tienen una “cola” fibrosa y larga conectada a una región globular o “cabeza”. Las colas fibrosas se agrupan en filamentos largos con las cabezas proyectadas a los lados. Las colas forman una especie de columna vertebral del filamento grueso y las cabezas globulares forman los puentes que conectan a los filamentos finos de actina La cabeza de la miosina liga ATP (adenosintrifosfato) e hidroliza una unión de fosfato liberando la energía química almacenada y se transforma a su estado energizado que permite su unión con la actina.

El sarcómero es de gran importancia dentro de la contracción muscular su regulación está dada por variaciones en los niveles citosólicos de Ca++, los que afectan las interacciones entre las cabezas de miosina y los filamentos de actina a través de las 2 proteínas accesorias asociadas a actina en el filamento fino: tropomiosina y troponina.

En el músculo en reposo la miosina no puede asociarse a la actina debido a que los sitios de unión para las cabezas de miosina en las G-actina, están bloqueados por la tropomiosina. Al aumentar las concentraciones citosólicas de Ca, la subunidad TnC de la troponina une Ca, produciéndose un cambio conformacional de la molécula de troponina y el desplazamiento de la molécula de tropomiosina hacia la parte mas profunda de la hendidura de la hélice de actina. Como consecuencia los sitios, en la G-actina, capaces de interactuar con las cabezas de la miosina quedan libres.

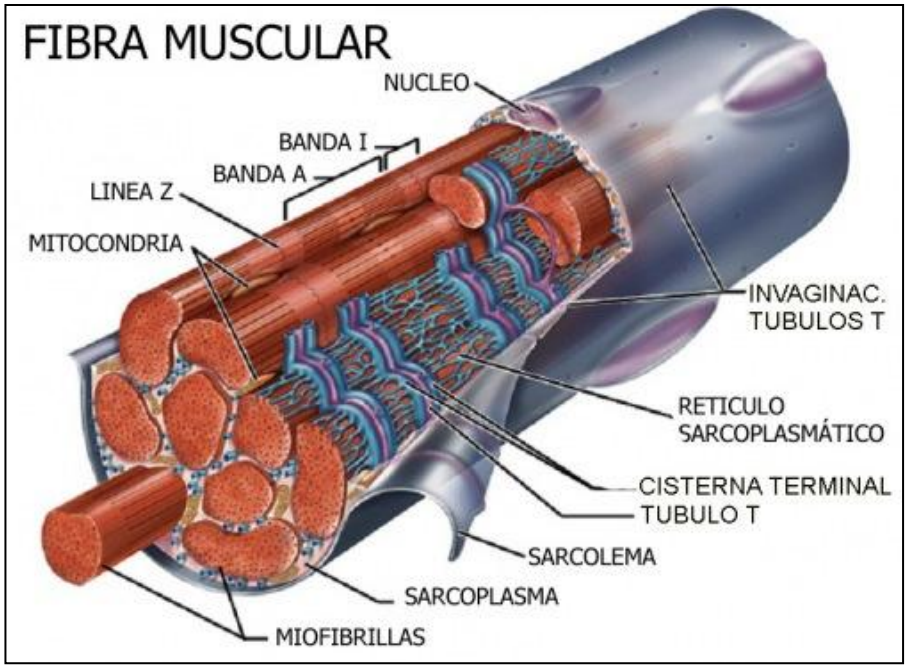
Las variaciones en las concentraciones citosólicas de Ca se producen en respuesta a los estímulos nerviosos que inducen la contracción muscular y que actúan desencadenando la liberación de Ca desde el retículo sarcoplásmico hacia el citosol.

Entonces dentro del proceso de contracción muscular el desencadenante contráctil es el sarcómero que mediante un impulso nervioso causara un proceso de acción muscular que producirá activación de las fibras musculares, para ello su funcionamiento óptimo, formación de componentes proteicos y moleculares son fundamentales.

Miofibrilla: son filamentos delgados que se extiende a lo largo de la fibra, se encuentran en el citoplasma de las fibras musculares, constituyen pequeñas unidades estructurales y funcionales de la fibra muscular (McARDLE, W 1998. Pág. 74)

GRÁFICO N° 21

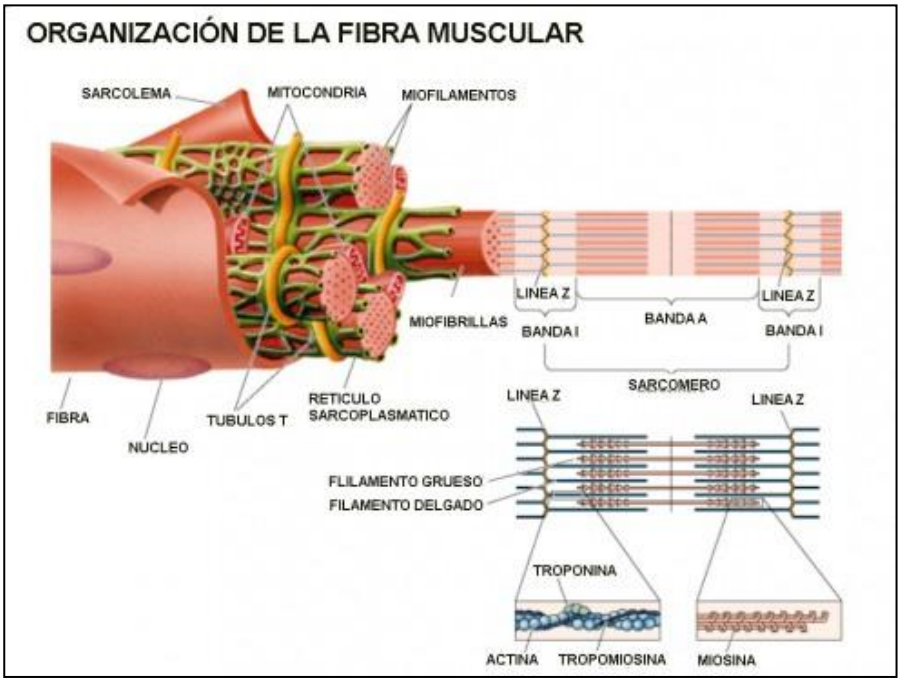
FIBRA MUSCULAR



Fuente: eltejido-lourdes.blogspot.com

GRÁFICO N° 22

ORGANIZACIÓN DE LA FIBRA MUSCULAR



Fuente: eltejido-lourdes.blogspot.com

2.2 Fisiología Muscular

El sistema muscular realiza significativas funciones en el cuerpo humano, donde se destacan el desplazamiento corporal y el movimiento de numerosas estructuras ubicadas en diversos sistemas. La actividad motriz de los músculos hace posible el funcionamiento de órganos como el estómago, los intestinos, el corazón, los vasos sanguíneos y linfáticos, los pulmones, los bronquios, la vejiga y el útero, entre otros, etc. Asimismo, protegen a los órganos viscerales, generan calor debido a la importante irrigación que tienen y proporcionan la forma típica de cada cuerpo. (Wilmore R. y Costill D. 2001. Pág. 101).

Además el sistema muscular es el responsable de la actitud postural y de la estabilidad del cuerpo, ya que en unión al sistema óseo controla el equilibrio durante las distintas actividades que se ejecutan diariamente, los músculos igualmente están involucrados de las manifestaciones faciales (mímica) que permiten expresar los diferentes estímulos que provienen del entorno.

Los músculos consiguen contraerse y relajarse, con lo cual tienen propiedades elásticas. Generalmente el movimiento se produce por la actuación de músculos que funcionan de a pares, donde un grupo es agonista o motores y el otro antagonista. Los músculos agonistas inician el movimiento en una dirección, mientras que los músculos antagonistas ejercen el efecto opuesto.

Existe otro grupo de músculos, llamados sinergistas, los cuales acompañan a los músculos agonistas en los movimientos que se producen.

Es preciso señalar que todos los movimientos que hace el cuerpo humano son debidos a contracciones y relajaciones del tejido muscular, que los músculos están accionados por nervios motores encargados de regular la contracción voluntaria y nervios sensitivos que informan al cerebro del estado e intensidad de la contracción. En el músculo esquelético, la contracción y la relajación se producen de modo rápido, no así el músculo liso que lo hace de manera más lenta.

Posterior a un estímulo se observa en el músculo tres periodos diferentes que son:

- Latencia que es el punto comprendido entre la excitación y el principio de la contracción.
- Contracción en el que las fibras musculares se acortan y,
- Relajación en el que las fibras tienden a regresar a su posición inicial.

A la contracción del músculo corresponde un cambio de forma, acompañado de una serie de reacciones químicas en el que se absorben ciertos elementos necesarios y se eliminan los productos de desecho. En mencionada función, el tejido muscular, tiene la capacidad de conservar cierto grado de contracción sin fatigarse, de uno o de un grupo de músculos, situación que recibe el nombre de tono muscular, el mismo que se presenta por impulsos nerviosos pequeños y permanentes, que consiste en un estado de semi-contracción pasiva y permanente de las fibras musculares estriadas esqueléticas, permitiendo mantener la actitud postural del cuerpo y evitando que la persona se caiga, así como también las actividades motoras. Los músculos que poseen buen tono reaccionan de manera rápida ante los estímulos.

El tono muscular se encuentra presente en todo momento pero disminuye durante el sueño permitiendo la firmeza de los tejidos en el organismo. La ausencia de fatiga se debe a que los estímulos nerviosos sólo excitan a una parte de las fibras de un músculo, mientras las otras descansan, menor en estado de reposo y mayor durante el movimiento El tono muscular se puede alterar cuando se presentan fracturas de huesos, presencia de dolor, la lesión de un nervio motor, entre otros, etc.

Es preciso conocer que la disminución del tono muscular se denomina hipotonía la cual es una afección que puede presentarse en niños y adultos no solo por problemas musculares, sino debido a trastornos genéticos o nerviosos, y el aumento anormal del tono muscular se llama hipertonía.

2.2.1 Funciones del componente conjuntivo muscular

Es necesario enunciar que tanto desde el punto de vista estructural como funcional, al músculo se lo debe considerar como un sistema integrado por dos elementos con propiedades muy distintas: el componente contráctil y el conjuntivo.

Los dos actúan en conjunto y de forma coordinada, con el propósito de asegurar la máxima eficacia funcional. La activación del componente contráctil

produce la disminución de la longitud del sistema, mientras que el comportamiento mecánico (elasticidad, resistencia a la tracción, flexibilidad, etc.) se le atribuye primordialmente al componente conjuntivo.

En el momento que el sistema músculo esquelético es sometido a un efecto de estiramiento activo (contracción de los antagonistas), o pasivo (como resultado de la acción de la gravedad o por el efecto de fuerzas externas que actúan sobre él traicionándolo), presenta una respuesta elástica dependiente del componente conjuntivo y que se expresa como fenómeno mecánico de rebote elástico. (Souchard, Ph. E.: “2000. Pág. 85).

Cuando el músculo esquelético es distendido, al igual que cualquier otro cuerpo elástico, reserva energía potencial que podrá manifestarse en forma de energía mecánica al finalizar las fuerzas que actúan sobre él.

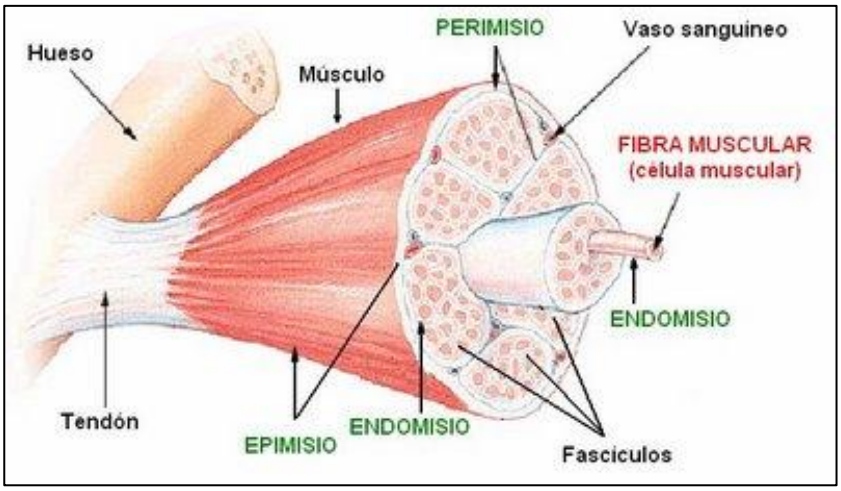
Este tipo de efecto se encuentra bajo la influencia de factores transitorios, de forma que si transcurre un período de tiempo excesivo entre el final del estiramiento y la posibilidad de que se manifieste la respuesta elástica, la energía potencial acumulada se disipa en forma de calor sin que se produzca la respuesta del acortamiento de forma espontánea.

A más de la respuesta mecánica, el músculo estirado puede demostrar igualmente una respuesta refleja de naturaleza totalmente distinta a la anterior, producida por la estimulación de los propioceptores musculares de estiramiento (husos musculares y órganos tendinosos de Golgi).

Se liberan reflejos medulares miotáticos, cuya respuesta puede verse modificada por el tono muscular y otros factores moduladores adquiridos (por ejemplo, mediante el entrenamiento).

GRÁFICO N° 23

ESTRUCTURA DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO ESTRIADO



Fuente: eltejido-lourdes.blogspot.com

2.3 Tipo de Fibras Musculares

Como se mencionó anteriormente existen dos tipos de fibras musculares que son la de contracción lenta y contracción rápida.

Fibras de contracción lenta, rojas u oxidativas: son fibras largas, su color se debe a que tienen un alto contenido de mioglobina (hemoglobina), las fibras de contracción lenta tienden a ser más abundantes en los músculos responsables de actividades de baja tensión pero gran continuidad (fondo). (McArdle W, Katch F, Katch V. 2005. Pág. 92).

Fibras de contracción rápida, blancas o glucolíticas: predominan en el músculo utilizado cuando se necesita desarrollar grandes fuerzas, son fibras como su nombre lo indica de contracciones rápidas, potentes y de rápida fatiga, predominan en los atletas que compiten en actividades de fuerza velocidad y corta duración.

Por comodidad se las conoce de una forma más fácil y didáctica que son, del tipo I y del tipo II respectivamente, esto porque las del tipo II, fibras de Contracción Rápida, también pueden ser divididas en II a, II b y II c de acuerdo con las funciones motoras anaerobias como se indicara a continuación: .

Tipo I.- Está señalado por la ciencia que estas fibras son las responsables para el desempeño de los atletas fondistas (maratonistas, ciclistas de carretera, nadadores de largas distancias y etc.)

Mencionadas fibras contienen muchas mitocondrias (centrales energéticas de la célula) y la enzima SDH (acelerador metabólico), son voluminosas y poseen altos niveles de mioglobina, que otorgan su coloración rojiza, razón por la cual poseen otro nombre: fibras rojas.

Indicadas características brindan a las fibras de este tipo un alto poder de transporte de oxígeno y la base de la mayoría de las funciones motoras del organismo humano.

Incluso en actividades anaerobias estas fibras son incorporadas, ya que en cualquier situación están involucradas las tres fuentes de energía (aerobia, anaerobia láctica y aláctica), habiendo predominancia para una u otra según el movimiento.

Tipo II a.- Según McArdle, poseen capacidad tanto aerobia como anaerobia siendo así consideradas intermediarias.

Lo que determina la capacidad oxidativa es la presencia de las dos enzimas aerobias y anaerobias que tienen influencia directa en la velocidad de contracción de la fibra. Estas fibras poseen las dos enzimas.

Son fibras oxidativas rápidas, como también utilizan el oxígeno, son fibras resistentes a la fatiga, aunque menos que las fibras de tipo I, sin embargo su poder de contracción es mayor.

Tipo II b.- Tienen un mayor potencial anaerobio, siendo la verdadera fibra rápida. Constituyen las fibras con contracción más rápida, y por tanto más poderosa.

Son las fibras clave en el momento de un ejercicio intenso, como el de levantar peso, también las que tienen un potencial de crecimiento mayor y desarrollarlas ayudara para que los músculos se vean más grandes. Sin embargo, son las que se fatigan antes. Pueden realizar esfuerzos mayores, pero durante menos tiempo.

Tipo II c.- Son más raras y, según McArdle, pueden participar de la reinervación o de la transformación de las unidades motoras.

Seguidamente en el cuadro No. 1 Se puede apreciar un resumen de las diferencias entre ambas fibras.

TABLA N° 1

DIFERENCIAS ENTRE AMBAS FIBRAS

CONTRACCIÓN RÁPIDA	CONTRACCIÓN LENTA
Una baja capacidad aerobia	Una alta capacidad aeróbica
Una alta capacidad glucolítica (ácido láctico)	Una baja capacidad glucolítica (ácido láctico
Una baja densidad capilar	Una alta densidad capilar
Una gran fuerza de contracción	Una pequeña fuerza de contracción
Una alta fatigabilidad	Una baja fatigabilidad
Una gran distribución en los atletas que no se dedican a pruebas de resistencia	Una gran distribución en los atletas que se dedican a actividades de resistencia

Elaborado por: Diana Cañar.

Según datos obtenidos las fibras de contracción rápida experimentan una fatiga mayor que las fibras de contracción lenta.

Es de suma importancia mencionar que las fibras musculares podrían transformar sus características, los estudios hasta el momento informan que no es posible que una fibra roja se transforme en blanca como por arte de magia. Sin embargo, las propiedades bioquímicas-fisiológicas pueden transformarse de II b para II a o, de I para II c conforme la exigencia del entrenamiento de la persona, pero la fibra blanca continua siendo blanca y la roja, roja. Posteriormente que el entrenamiento y el respectivo tipo de estímulo terminan, todo vuelve a la normalidad, ya que, hasta que se pruebe lo contrario, este es un dato genético.

Hombres y mujeres.- Es bien sabido que hombres y mujeres son diferentes, pero en este aspecto, no existen diferencias significativas. Ambos tienen un porcentual próximo de 45/55% de fibras tipo I y II.

La Edad.- tiempo atrás se pensaba que entrenamiento, especialmente anaerobio, dependía de la edad. En la actualidad gracias a la evolución de los

métodos y de la ayuda de la ciencia se sabe que la edad no es documento, lo cual llevó a la ciencia a investigar sobre características y adaptaciones oxidativas de las fibras musculares.

La raza.- Realizando una evaluación , mucho más en función de los resultados de algunas modalidades deportivas, existen personas que defienden que la musculatura de las personas de raza negra sea dotada de un porcentaje mayor de fibras TIPO II, pues deportes en los que la fuerza física se hace presente como en el box, son un buen ejemplo de esto.

Las proporciones.- Además de las características genéticas, es decir, que cada persona ya nace con una tendencia para ser velocista o fondista, cada músculo esquelético tiene una proporción diferente de fibras rápidas y rojas conforme la función motora. El músculo soleo por ejemplo, tiene proporciones mayores de fibras rojas, y los gastrocnemios tienen más fibras rápidas.

Al mismo tiempo, estas proporciones igualmente cambian de la periferia hacia el interior, fibras rápidas y rojas respectivamente, y tiene su justificativo. El gastrocnemio (pantorrilla) actúa en las articulaciones de la rodilla y del tobillo y su importancia está relacionada con los movimientos de postura básica y de desplazamiento del cuerpo humano. La elevación del talón durante la marcha, el lanzamiento del cuerpo al aire en la carrera y en los saltos y todos los movimientos contrarios al pie de la bailarina (dorsiflexión) son funciones de este músculo y depende de potencia, justificando el porcentaje mayor de fibras rápidas. El soleo es un músculo más ancho y plano que sirve, por así decirlo, de base para los movimientos de los gastrocnemios, su acción es prácticamente la misma de los gastrocnemios ejecutando la flexión plantar, inversión del pie estabilizando la pierna sobre el pie. Como su acción es más duradera, se explica el mayor porcentaje de fibras del tipo I.

Del mismo modo vale la pena mencionar que otro aspecto que se debe considerar es que las fibras musculares, en las actividades comunes del día a día, son solicitadas en una proporción progresiva de volumen celular y de las menores para las mayores. Es decir, de las rojas para las blancas pues como ya se mencionó anteriormente las rojas tienen el corte de sección transversal menor (más finas), con muchas células mitocondriales (centrales energéticas).

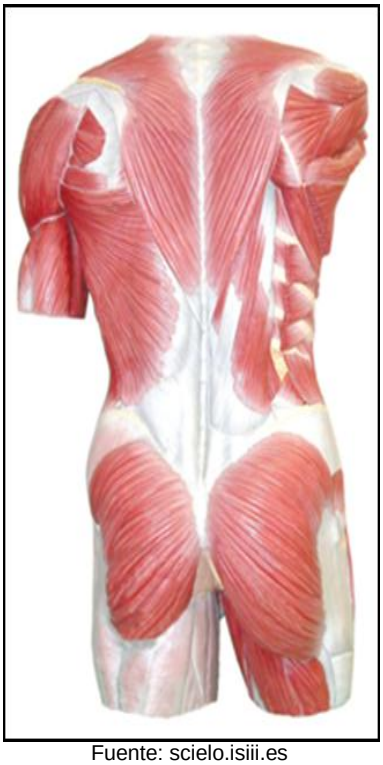
Las blancas, inclusive en personas sedentarias, tienen el corte de sección transversal mayor (son más gruesas).

Cuando se usa un porcentaje de carga más pesada, 70 a 90% de la máxima, todas las rojas son incorporadas al igual que las blancas, a medida que se van agotando las primeras. Las del tipo II b, son las últimas a ser solicitadas y a pesar de blancas, asumen características II a, porque no acumulan enzimas oxidativas. Ellas entran en campo, por así decirlo, para socorrer a las otras en los esfuerzos máximos o cuando todas están fatigadas.

Fuerza vs. Hipertrofia.- Como se ha podido determinar la fuerza producida por un músculo depende de su sección transversal. Músculo más voluminoso, más fuerza. Siendo así, según Zatsiorsky, la fuerza es el resultado de la actividad de las sub-unidades musculares (sarcómero, miofibrilla, fibra muscular).

GRÁFICO N° 24

TIPO DE FIBRAS MUSCULARES



Fuente: scielo.isiii.es

2.4 Impacto en la Inactividad Deportiva

De acuerdo con Weineck, J, todos los seres humanos practican el ejercicio físico, en distinto grado, durante su existencia lo cual es de mucha ayuda pues la preferencia al ejercicio y actividades locomotoras rítmicas es una tendencia natural que produce delicado tono afectivo y placer, además de brindar muchos beneficios para el cuerpo humano, ante lo que se puede decir que a:

A nivel muscular: aumenta la cantidad de las proteínas en el músculo, fortaleciendo estructuralmente las fibras musculares y tendones.

Funcionalmente, hay una mayor fuerza y resistencia, aumento y mejora de la actividad energética, mayor elasticidad y mejora de la coordinación motriz (sistema nervioso).

Del mismo modo es preciso indicar que el ejercicio físico ayuda a un buen mantenimiento del aparato locomotor el mismo que permite realizar cualquier acción voluntaria el cual está formado por:

- Huesos: que son las partes rígidas del sistema que se comportan como palancas. Ejercen una función de armazón, sostén y protección del organismo.

- Articulaciones: constituyen los puntos donde se unen dos o más huesos, que funcionan como partes móviles del esqueleto.

- Músculos: son los encargados de transformar la energía química en energía mecánica, y que permiten el deslizamiento de los huesos alrededor de los ejes de giro definidos en cada articulación.

Como ya es de conocimiento existen tres tipos de músculo (esquelético, cardíaco y liso), en este espacio se hará referencia al músculo esquelético, (empleado en las contracciones voluntarias) el cual se muestra receptivo a los cambios que conlleva el acondicionamiento físico, la función del músculo esquelético durante el ejercicio es la de extraer el oxígeno de los vasos, producir energía a partir de los nutrientes, y eliminar los productos de degradación metabólica.

El ejercicio físico produce un aumento del volumen y eficacia de la musculatura empleada, además de unas mayores posibilidades de estiramiento y movilidad articular. Favoreciendo de esta manera a la adopción de posturas correctas, dificultando la aparición de desviaciones en la columna vertebral.

Los ejercicios aeróbicos intervienen en la mejora de la capacidad del músculo para obtener energía de las fuentes aeróbicas. Se incrementa el contenido de mioglobina (proteína que fija el oxígeno, liberándolo cuando hay déficit), el volumen y el número de mitocondrias de las células musculares. El trabajo de resistencia incrementa poco la capacidad de fuerza del músculo, pero el trabajo de fuerza permitirá un mayor engrosamiento de las fibras musculares, dando lugar a la hipertrofia, aumentando la capacidad circulatoria y extrayendo más oxígeno de la sangre.

Es de suma importancia enunciar que la rigidez de las articulaciones, condicionada por el engrosamiento de los cartílagos, es progresiva con el aumento de edad, y únicamente se contrarresta con la actividad física regular, que mantiene la movilidad y flexibilidad articulares.

Gracias al ejercicio físico el fortalecimiento de los tendones e inserciones ligamentosas en los huesos, permite soportar tensiones más elevadas con menor amenaza de lesión. Al mismo tiempo, la actividad física resulta indispensable para la calcificación de los huesos, con lo que se previenen patologías degradantes de este sistema óseo y articular.

Es de suma importancia señalar que la inactividad o la falta de ejercicio físico producen pérdida de masa.

Que el ejercicio de resistencia no produce gran aumento de la masa muscular, pero sin embargo sí disminuye el riesgo de osteoporosis y aumenta la capacidad muscular de almacenar glucógeno y de utilizar ácidos grasos libres a través de sus enzimas oxidativas (Wilmore 1994. Pág. 25).

Los ejercicios de larga duración y los de mayor intensidad refuerzan los ligamentos y tendones especialmente en su sitio de inserción óseo, estos beneficios se pierden con la inactividad aumentando el riesgo de lesión.

En la realización de ejercicios físicos las adaptaciones metabólicas son debidas al aumento del número de mitocondrias, como al aumento de las enzimas oxidativas. Asimismo aumenta la mioglobina lo que favorece la provisión de oxígeno muscular. (Hickson 1981), aunque éste último efecto es variable. Todos estos cambios mejoran el consumo máximo de oxígeno y el umbral de lactato soportado

También se debe recalcar que la inactividad deportiva está asociada al aumento de peso progresivo, a la disminución de la masa magra y de la fuerza muscular, y la desmineralización ósea.

Que a nivel histológico muscular, disminuyen ambos tipos de fibras (Tipo II y Tipo I), la densidad capilar, la actividad enzimática oxidativa, la fosfocreatina y el depósito de glucógeno (Bloomfield 1993. Pág. 66).

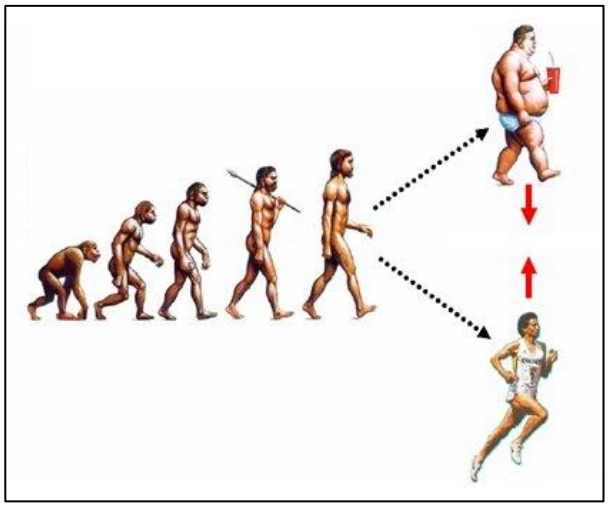
Es de un dato de mucha importancia conocer que las personas que hacen deporte y no llevan una vida sedentaria tienen mayor porcentaje de fibras tipo I y menor de fibras tipo II, mientras que las personas obesas, sedentarias o diabéticas poseen mayor porcentaje de fibras tipo II.

No se puede pasar por alto sin mencionar que los alimentos que se consumen en la dieta aportan los combustibles al cuerpo humano, la grasa se deposita como tejido adiposo, la glucosa, como glicógeno en hígado y músculo, y las proteínas, como constituyentes musculares.

Una persona sana que realiza ejercicio físico y está acondicionada tiene buena musculatura y utiliza bien su sustrato energético. Cuando el cuerpo humano posee una buena composición fenotípica muscular, es decir, una buena proporción de fibras tipo I y II, en primer lugar se utiliza el glicógeno, luego las grasas y, finalmente, las proteínas. A medida que las personas han evolucionado en el tiempo, han pasado de activos a sedentarios y añosos, con predominio de las fibras tipo II. (Fig.28)

GRÁFICO N° 25

EVOLUCIÓN DEL HOMBRE MODERNO



Fuente: eltejido-lourdes.blogspot.com

2.4.1 Relación entre el tipo de fibra muscular y el ejercicio

El significado funcional de las diferentes características bioquímicas y funcionales de las fibras de contracción lenta y fibras de contracción rápida durante el ejercicio, es indicado por el hecho de que las fibras de contracción rápida son incorporadas de preferencia para la realización de trabajos de corta duración y alta intensidad y las fibras de contracción lenta son reclutadas preferentemente durante actividades de larga duración y resistencia.

Las fibras de contracción rápida tienen la capacidad de producir mayor tensión muscular máxima y en un ritmo más rápido de desarrollo de tensión que las fibras de contracción lenta. Las propiedades bioquímicas y fisiológicas relacionadas con esa dinámica contráctil, son las actividades de la miosina ATPasa y su velocidad de liberación y captación del Ca++ a partir del retículo sarcoplasmático. Ambas propiedades son más claras dentro de las fibras de contracción rápida que en las fibras de contracción lenta.

A la persona que practica algún tipo de deporte debe interesarle la mayor fuerza (y aún mejor, la mayor potencia) con el minino de desarrollo muscular. Con más frecuencia se puede observar deportistas con menos masa muscular pero más fuertes y potentes que otros con más masa. La fuerza muscular es importante para:

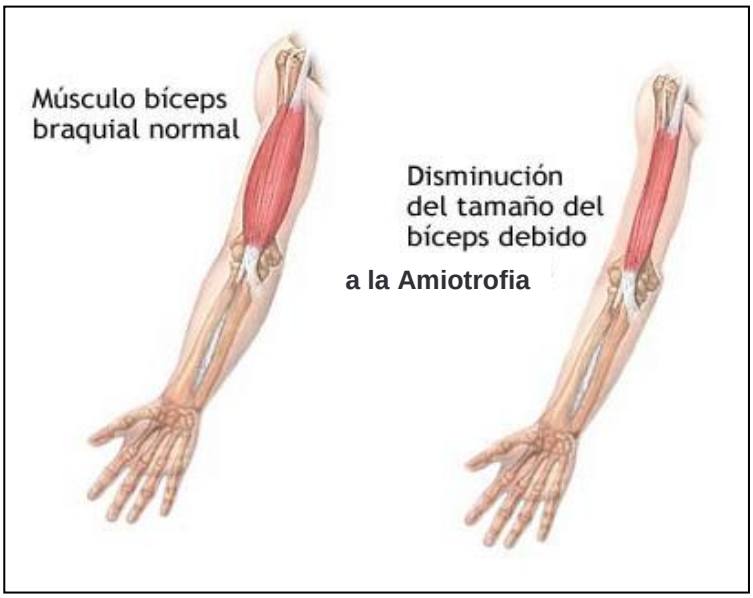
- La actividad y rendimiento deportivo.
- La ejecución de actividades cotidianas.
- Impedir dolores relacionados con lo postural.
- Razón estética (autoconfianza, personalidad).

2.4.2 Amiotrofia

La amiotrofia consiste en la disminución de masa muscular y el desgaste de los tejidos musculares, se refiere a la pérdida o desgaste del tejido muscular a causa de algún tipo de enfermedad o por inactividad. Los músculos que pierden inervación pueden dañarse. (Garza Al, 2001. Pág. 151)

GRÁFICO N° 26

AMIOTROFIA



Fuente: news.blc.co.uk

Se debe señalar que la combinación de una dieta inadecuada (principalmente escasa en proteínas) y la pérdida de fuerza, crea un círculo vicioso de inactividad física y pérdida acelerada de músculo. La amiotrofia puede resultar de una gradual y selectiva pérdida de fibras musculares.

En la mayoría de personas que se ha presentado amiotrofia ha sido ocasionada por falta de actividad física. Los individuos que tienen un trabajo sedentario y los sujetos de la tercera edad que no son muy activos pueden llegar a perder el tono muscular y desarrollar una amiotrofia significativa, no obstante, este tipo de amiotrofia puede ser reversible con el ejercicio vigoroso.

Del mismo modo se debe mencionar que las personas que están postradas en la cama pueden presentar un desgaste muscular significativo, igual como sucede con los astronautas que, libres de la fuerza gravitacional de la tierra, pueden desarrollar una disminución del tono muscular y descalcificación ósea pocos días después de la ingravidez. (G. Benady, 2006. Pág. 135).

Como es de conocimiento el cuerpo humano está formado de grasa, tejido magro (músculos y órganos), huesos, agua y otras sustancias. Y muchas personas se preocupan con los cambios en la forma de su cuerpo a medida que envejecen pues la cantidad y distribución de estos componentes variarán estos cambios que inevitablemente ocurren con este proceso, las opciones de estilo de vida pueden disminuir o a acelerar dichos cambios.

Los hombres generalmente aumentan de peso aproximadamente hasta la edad de 55 años y luego comienzan a perderlo lo cual puede estar relacionado con una disminución en la hormona sexual masculina testosterona. Las mujeres en cambio habitualmente aumentan de peso hasta los 65 años y luego comienzan a perderlo. Dicha pérdida de peso es producida, en parte, por la pérdida de tejido muscular.

Indudablemente, la pérdida o ganancia de peso varía de persona a persona y la dieta y el ejercicio juegan un papel importante en estos cambios.

Es preciso indicar que la pérdida de masa muscular en las piernas y los cambios en la forma del cuerpo puede afectar el equilibrio, provocando a que se presenten caídas, Si bien no se pueden prevenir muchos cambios relacionados con la edad, se pueden tomar ciertas medidas para ayudar a retrasarlos o reducirlos, las cuales abarcan hacer ejercicio, evitar el tabaco y comer de modo saludable. El consumo excesivo de alcohol y el consumo de drogas psicoactivas pueden acelerar los cambios relacionados con la edad

De acuerdo a muchos científicos hay una pérdida en el número de fibras musculares relacionadas con el aumento de la edad, la misma que se hace más evidente después de los 70 años, debido primordialmente a la disminución en el tamaño y número de las fibras musculares y a la falta de su uso. Existen tres hipótesis que tratan de explicar cómo actúa la edad sobre la composición y proporción de la fibra muscular las mismas que serán indicadas a continuación:

- Los tipos de fibras se mantienen relativamente constantes durante el envejecimiento, con una poca proporción de pérdida de todos los tipos.

- Durante el envejecimiento de pierde mayor cantidad de fibras rápidas (Tipo II).

- Con el envejecimiento se transforman las fibras rápidas (Tipo II) en fibras lentas (Tipo I), por lo que prevalecen las acciones lentas en la funcionalidad durante el envejecimiento.

Los niveles moderados de fuerza son imperiosos para realizar las actividades de la vida diaria, como por ejemplo cargar alimentos, compras diversas, subir escaleras y para salir del asiento de los automóviles. La fuerza y la resistencia muscular son recursos significativos para todas las personas, teniendo una importancia particular en cada rango de edad.

La acción del fortalecimiento se encuentra determinada por la cantidad de fuerza que el músculo produzca. La máxima fuerza muscular es lograda durante el período de adulto joven entre los 20 y 30 años y posteriormente disminuye de modo paulatino con la edad.

La conservación de la fuerza se observa hasta los 60 años aproximadamente, seguida por una disminución en los años sucesivos, condición que prevalece más en el hombre que en la mujer. La pérdida de la fuerza no es uniforme en lo que respecta a los grupos musculares.

De acuerdo a datos obtenidos se determinó que la fuerza muscular de los miembros inferiores disminuye más rápidamente que en la porción superior del cuerpo, lo que constituye un problema serio en personas mayores frágiles, por el riesgo de sufrir caídas.

La estrategia para conservar la masa muscular en edades avanzadas es incrementar la masa muscular y la fuerza en el paciente sedentario, lo que establece una importante forma para incrementar la independencia funcional y disminuir la prevalencia de enfermedades crónicas asociadas a la edad

La sarcopenia es un término que indica la pérdida extrema de masa muscular que deja a la persona mayor incapaz de realizar muchas actividades de la vida diaria, siendo este un factor importante que conlleva al deterioro de la calidad de vida. (McARDLE, W 1998. Pág. 93)

CAPÍTULO III

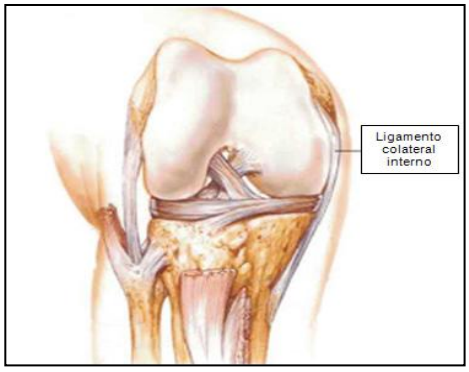
DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO

En la estabilidad de la rodilla los ligamentos juegan un rol muy importante y por lo tanto su ruptura llevará a una inestabilidad ya sea aguda o crónica, la estabilidad de la rodilla está mantenida por elementos anatómicos pasivos, entre los que se encuentran los ligamentos, cuya lesión dará signos de laxitud en distintos planos y de manera constante inestabilidad articular, y por otra parte elementos anatómicos activos representados principalmente por los músculos. De este hecho cabe comprender que una rodilla puede ser laxa pero estable o, a la inversa, puede ser inestable sin ser laxa. (Cascio, B. M. 2005. pág.48).

El Ligamento Colateral Medial (LCM) o Ligamento Lateral Interno (LLI) se extiende desde la cara cutánea del cóndilo interno hasta el extremo superior de la tibia. Se encuentra por detrás de la zona de inserción de los músculos que forman la pata de ganso, el ligamento lateral interno restringe el valgo de rodilla en todos los grados de flexión, también es importante para limitar el traslado anterior de la tibia cuando el ligamento cruzado anterior está lesionado además restringe la rotación externa de la tibia, este ligamento proporciona estabilidad a la región interna de la rodilla y suele lesionarse cuando a ésta se le aplica una tensión excesiva en valgo.

GRÁFICO N° 27

LIGAMENTO LATERAL INTERNO



Fuente: http://www.imageshack.us

3.1 Etiología

Las distensiones de los ligamentos que mantienen unidas a las articulaciones, al realizar movimientos bruscos de rotación o flexión, son lesiones muy frecuentes al realizar algún deporte o en diversos accidentes de la vida cotidiana.

Cabe destacar que el dolor y la hinchazón de la rodilla aparecen después del traumatismo, que obliga al deportista a finalizar la práctica al no poder caminar normalmente.

El ligamento que más se lesiona es el colateral interno, esto se debe a un traumatismo que provoca un valgo forzado de la rodilla y varo en el caso del colateral externo, además existen una serie de maniobras exploratorias que ayudan a su diagnóstico, como son el estrés en varo y valgo forzados a 0 y 30°. (Homero F. Bianchi. 2007. Pág.116).

Las lesiones de ligamento colateral medial o ligamento colateral interno se suelen asociar a una lesión del menisco interno, de manera inmediata después de la lesión, la persona tiene la capacidad de caminar un poco apoyando la pierna afectada. Normalmente, en el momento de la lesión siente dolor en la zona interna de la rodilla, y después, cuando intenta caminar, nota como si la rodilla se tambalease.

La persona que tiene un desgarro completo del ligamento colateral interno puede sentir muy poco dolor al realizar las maniobras, ya que la tumefacción o el derrame articular suelen aparecer al cabo de varias horas de la lesión.

Las lesiones del ligamento lateral interno, suelen ocurrir frecuentemente en muchos deportes como el fútbol, esquí, balonmano, baloncesto y rugby, el ligamento lateral interno tiene como función evitar el valgo de la rodilla, es decir, que la tibia se desplace hacia fuera y se abra la rodilla en su zona interna, cualquier mecanismo que provoque este movimiento y que sobrepase el límite de elasticidad del ligamento puede provocar un esguince del ligamento lateral interno. (Homero F. Bianchi. 2007. Pág.118).

3.2 Evaluación

En la mayoría de los casos el diagnostico se lo efectúa explorando la rodilla, se realiza un valgo forzado y se valora la estabilidad de la rodilla, además se puede apreciar el dolor palpando el ligamento o su inserción en la tibia o el fémur. Igualmente es importante averiguar sobre el mecanismo que produjo la lesión, después del cual el paciente presentará dolor e incapacidad funcional, que pudo acompañarse de un ruido al romperse el ligamento, o ser seguido de una sensación de inestabilidad o falla a la marcha. Cyriax, J. 2005. pág.76).

Una vez realizado el examen físico se va a encontrar una rodilla con dolor, en posición antiálgica en semiflexión, impotencia funcional relativa a la marcha, con signos de hemartrosis en caso de haber lesión de ligamentos cruzados, o sin derrame en caso de lesión aislada de ligamentos laterales, el dolor puede ser más intenso en los puntos de inserción de los ligamentos laterales o en el eventual sitio de su ruptura y el signo más patognomónico de lesión de los ligamentos laterales será la existencia del signo del bostezo, ya sea medial o lateral, que debe ser buscado en extensión completa y en flexión de 30°.

Para descartar la existencia de fracturas o arrancamientos óseos a nivel de las inserciones de los ligamentos, será necesario realizar un estudio radiológico dinámico en varo y o valgo forzado, necesariamente con anestesia, la misma que será de gran utilidad para evidenciar la ruptura de ligamentos laterales, obteniéndose una apertura anormal de la interlínea articular interna o externa, o un desplazamiento anterior o posterior en caso de ruptura de ligamentos cruzados. La calcificación de la inserción proximal del ligamento lateral interno producida por la desinserción del ligamento en el cóndilo femoral interno.

Es fundamental tener en cuenta que la evolución natural de una ruptura de ligamentos llevará a una inestabilidad crónica de rodilla, que provocará en el paciente la sensación de inseguridad en la misma, la presencia de fallos episodios de hidroartrosis a repetición, impidiéndole una actividad deportiva y aun limitación en muchas actividades de la vida sedentaria.

3.3 Mecanismos de lesión

Los mecanismos de lesión más habituales son:

- Rotación del cuerpo sobre la rodilla con un valgo forzado con el pie fijo en el suelo. Con este mecanismo es frecuente la lesión del menisco.

- Traumatismo en la cara interna de la pierna con el pie en el aire y que desplace la tibia hacia fuera provocando un valgo de la rodilla

- Traumatismo en la cara externa de la rodilla con apoyo del pie y flexión de rodilla. Se fuerza un valgo de rodilla.

- Mecanismo con rodilla en semiflexión, valgo forzado, y rotación externa de la tibia puede producir una lesión del L.L.I.

- Mecanismo con rodilla en extensión y valgo forzado que provocara una lesión del ligamento lateral interno.

3.4 Clasificación

El ligamento lateral interno puede presentar los tres grados lesiónales clásicos:

- El esguince, lesión producida en un área pequeña, con elongación de las fibras y sin solución de continuidad en el ligamento.(Esguince grado 1)

- Un mayor grado lesional es la rotura parcial del ligamento, en la que las fibras están rotas, pero la extensión de la rotura no afecta a todo el ligamento. (Esguince grado 2)

- En el tercer grado o rotura total, hay afección masiva del ligamento y extensa solución de continuidad de él. (Esguince grado 3)

3.5 Tratamiento Fisiokinesioterapéutico

3.5.1 Tratamiento conservador

En la mayoría de casos en un esguince lateral interno grado 1 y 2 el tratamiento es conservador, el cual consiste en la inmovilización rígida con un alza de escayola durante periodos de tres a seis semanas, actualmente se ha dulcificado el tratamiento utilizando órtesis que permiten una inmovilización consistente y un mayor confort, estos tratamientos persiguen una recuperación más rápida, con un vendaje funcional al permitir cierto grado de movilidad articular. El vendaje base deberá ser realizado con sumo cuidado para respetar el movimiento fisiológico de la rodilla consiguiendo también una fijación suficiente. (Atkinson, Karen 2007. pág. 215).

Las órtesis, aunque no permiten el mismo grado de inmovilización que la escayola, permiten todo esto. La artrofia muscular es menor y el paciente puede atender a su aseo personal. Tras un período de tres a seis semanas de inmovilización, se inicia la rehabilitación con el propósito de recuperar la movilidad si la hubiera perdido y recuperar el volumen y la potencia muscular.

Es importante tener en cuenta que siempre queda un grado de mayor holgura lateral que el anterior, por lo que es recomendable seguir practicando ejercicios de potenciación muscular que la compensen.

Con estos fines, se realizarán:

- Ejercicios de fortalecimiento muscular.

- Protector ortopédico para la rodilla (para usar al hacer ejercicio).

- Aplicación de bolsas de hielo (para reducir la inflamación).

- Movilizaciones activas y pasivas, ayudado por el fisioterapeuta.

- Fricciones en la zona lesionada para favorecer la vascularización y el proceso de rehabilitación.

- Electroestimulación, tratando de conseguir una potenciación de la musculatura de forma pasiva, sin movimiento articular.

- Pedaleo en bicicleta comenzando por pedaleo libre, sin cargas, y aumentando progresivamente la resistencia.

- Runing-pool. Ejercicios destinados a la recuperación realizados dentro del agua. Las condiciones de flotabilidad favorecen la recuperación de la movilidad articular perdida. Por otra parte, la resistencia del agua obliga a realizar un mayor trabajo muscular.

- Carrera continua cuando la recuperación está más avanzada.

- Extensión con una toalla y las piernas colgadas en decúbito prono se utilizan para conseguir una extensión o hiperextensión igual a la pierna contralateral. En los ejercicios de piernas colgadas en decúbito prono, se pueden usar zapatos lastrados o peso en los tobillos.

- Para la flexión de la rodilla, el paciente se sienta en el extremo de una mesa para permitir que la fuerza de la gravedad ayude a la flexión. La pierna contralateral (no afectada) ayuda a la flexión empujando suavemente la pierna afectada.

- Una técnica similar de ayuda con la pierna no afectada se puede utilizar en los deslizamientos en la pared.

- Para conseguir una flexión de más de 90º, se realizan deslizamientos de los talones con el paciente sentado agarrándose el tobillo para lograr una mayor flexión.

- La bicicleta estática también es útil para restablecer el movimiento. Inicialmente, el sillín de la bicicleta se coloca lo más alto posible y luego se va bajando gradualmente para aumentar el grado de flexión.

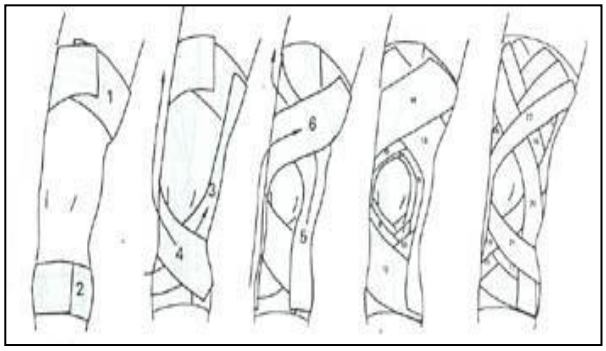
GRÁFICO N° 28

APLICACIÓN DE UN VENDAJE

Fuente: zonamedica.com.ar

GRÁFICO N° 29

VENDAJE FUNCIONAL DEL LIGAMENTO LATERAL INTERNO



Fuente: zonamedica.com.ar

3.5.2 Tratamiento Pre Quirúrgico

En esta primera fase de rehabilitación inmediata, con pacientes que van a ser sometidos a cirugías que poseen una distensión de ligamento colateral grado 3, es primordial que la persona adopte unos estilos de vida en los que disminuyan o desaparezcan las actividades de alto impacto o que impliquen el mecanismo de pivote (giros, cambios de dirección, aceleración, deceleración).

Objetivos: disminuir dolor e inflamación.

- Elevación de la rodilla lesionada

- Ejercicios isométricos de cuádriceps (levantamiento de pierna, apretar toalla).

- Movilidad de cadera ABD-ADD.

- Movilidad cuidadosa flexoextension, sostén, relajación

- Extensión pasiva de rodilla colocando al paciente en decúbito prono con los tobillos fuera de la mesa y poniendo peso debajo del talón.

- Estiramientos de gemelos con una toalla.

- Deslizamientos en la pared para incrementar la flexión, estos deben ser graduales.

- Reeducación de la marcha: acentuando los movimientos de flexión de rodilla y de cadera para fortalecer y evitar el retroceso mayor en la rehabilitación.

3.5.3 Tratamiento Post Quirúrgico.

La rehabilitación es un proceso escalonado, no se pueden omitir pasos. El primer paso está encaminado a disminuir el dolor, la inflamación y a recobrar completamente el arco de movilidad, el segundo paso está diseñado para incrementar la fuerza muscular y en el tercero o último paso se trabaja la propiocepción, esto es, las destrezas necesarias para realizar determinada actividad deportiva.

Día 1 Propósito: disminuir dolor e inflamación.

- Reposo relativo.
- Elevación de la extremidad por arriba del nivel del corazón.
- Ejercicios isométricos de cuádriceps y músculos de la corva.

Día 2 a 14 Propósito: disminuir dolor e inflamación, recuperar completamente la extensión, obtener una flexión entre 90° y 100°, mantener buen tono del cuádriceps, obtener cicatrización de las incisiones.

- Colocar hielo o Polar Care antes de realizar los ejercicios.
- Extensión pasiva de rodilla colocando un alza debajo del talón.
- Estiramientos de gemelos con una toalla.
- Isométricos de cuádriceps con el paciente sentado y la rodilla completamente extendida con un alza debajo del talón.
- Electro-estimulaciones con el paciente sentado y la rodilla completamente extendida con un alza debajo del talón.
- Deslizamientos en la pared para incrementar la flexión
- Ejercicios de flexión pasiva en el borde de la mesa.
- Movilizaciones de patela en todos los sentidos.
- Estiramiento y fortalecimiento de aductores y abductores de la cadera a tolerancia.
- Estiramiento y fortalecimiento de los músculos de la corva excepto en los casos operados con técnica de Semitendinoso.
- Estiramiento y fortalecimiento de gemelos.
- Pararse en la extremidad operada

Semana 2 a 6 Propósito: aumentar la flexión a 135°, disminuir la inflamación, aumentar el tono muscular

- Elevación de la pierna con la rodilla extendida (paciente acostado).

- Sentadilla con las dos piernas flexionando solamente hasta 45°.

- Estiramiento de los músculos de la corva en todos los casos, iniciar fortalecimiento progresivo contra resistencia excepto en los casos operados con técnica de Semitendinoso.

- Ejercicios en escalera, iniciar con cuatro escalones y aumentar progresivamente a seis.

- Escaladora, progresar lentamente.

- Bicicleta estacionaria sin resistencia para mejorar arco de movimiento.

- Ejercicios en alberca: caminata hacia adelante y hacia atrás, nado utilizando tabla flotadora y patada de delfín o mariposa.

- Estiramiento y fortalecimiento de aductores, abductores y rotadores de la cadera a tolerancia.

- Ejercicios propioceptivos: usar tabla de equilibrio, primero con las dos piernas y luego solo con la operada. No realizar ejercicios que involucren rotación.

Semana 6 a 9 Propósito Completar el arco de movilidad, aumentar actividades

- Ejercicios en piscina: patada de crawl primero en la orilla de la piscina o con tabla flotadora, después ya sin la tabla.

- Jogging en piscina.

- Caminata en terreno plano.

- Ciclismo en terreno plano, no usar cintas en los pedales, no ciclismo de montaña.

- Los pacientes operados con técnica de Semitendinoso pueden comenzar ejercicios de fortalecimiento contra resistencia de los músculos de la corva.

Semana 9 a 12 Propósito: aumentar actividades y resistencia.

- Se puede progresar de caminata a trote ligero en terreno plano.
- Desplantes.
- Ciclismo en cualquier terreno.
- La sentadilla se puede incrementar hasta 60°-90°.
- Salto con dos piernas.

Semana 12 Propósito: aumentar actividades, fuerza y resistencia.

- Carrera a ½ - ¾ de velocidad en terreno plano.
- Subir corriendo escaleras y bajarlas caminando.
- Entrenamiento de intervalos o ciclos en la bicicleta.
- Ejercicios propioceptivos: salto en todas direcciones, primero con las dos piernas y progresar a una pierna. Ejercicios pliométricos: saltar de un escalón o una caja.

Seis meses

- 8's: iniciar con 8's largos (40-50m) e irlos cerrando gradualmente hasta finalizar con 8's de 5-10m. Tres series de 10.
- Cariocas. Tres series de 10.
- Carrera direccional: viendo de frente al entrenador, correr 10m hacia adelante, hacia los lados y hacia atrás para formar un cuadrado. Tres series de 10.
- Correr y cortar a 90°: correr 20m a media velocidad y cortar 90° hacia la derecha, repetir cortando hacia la izquierda. Tres series de 10 en cada dirección, incrementar gradualmente la velocidad.

CAPÍTULO IV

ELECTROESTIMULACIÓN

4.1 Historia de la Electroestimulación

La electroestimulación es la técnica que utiliza la corriente eléctrica, para provocar una contracción muscular, mediante un aparato llamado electroestimulador, se utilizan las contracciones musculares para prevenir, entrenar o tratar los músculos, buscando una finalidad terapéutica o una mejora de su rendimiento, en un principio la electroestimulación tenía un objetivo básicamente rehabilitador, la evolución y conocimiento de la electroestimulación, así como la miniaturización de los aparatos ha traído consigo un desarrollo muy importante de esta técnica en la mejora del rendimiento físico. (Valdora, M. 2000).

Desde hace mucho tiempo la electroestimulación ha sido utilizada, aunque si bien no en el modo en que actualmente se la conoce, en el remoto Egipto de hace más de cuatro milenios ya se utilizaban peces que generaban descargas eléctricas en el tratamiento de diversas patologías, en la actualidad existen métodos mucho mejores y sin riesgo alguno para aplicar la electricidad tanto en terapia como para la elevación del rendimiento deportivo, aunque este tipo de descargas eléctricas haya sido utilizado por egipcios y griegos con relativa eficacia, y después por los romanos, es necesario conocer que la electroestimulación empieza a utilizarse con eficacia en el deporte a mediados del siglo XX, en la década de los 60 se empiezan a utilizarse lo que se conoció con el nombre de corrientes rusas, en aquel entonces se sometía a intensas descargas de intensidad casi torturante a los deportistas soviéticos que habían de competir y demostrar la superioridad de un modelo de sociedad que poco después cayó como el muro de Berlín. (Maffiuletti NA, Dugnani S. 2002 Pág. 84).

En el siglo XVIII Luigi Galvany pudo demostrar que haciendo pasar una corriente eléctrica por la médula espinal de una rana se logró obtener contracciones musculares, en aquella época se pudo repetir dicho experimento en muchas universidades quedando demostrado que la electricidad tenía la capacidad de generar una contracción muscular, aunque en realidad no se sabía porque el músculo llegaba a contraerse cuando era atravesado por una corriente eléctrica, el músculo muerto seguía conservando durante un tiempo su capacidad contráctil al paso de la corriente eléctrica, ello planteaba que de algún modo los seres vivos generan ese tipo de corriente para poder moverse y actuar de forma voluntaria en el mundo, quedaba probado pues que el impulso nervioso tiene un componente eléctrico esencial que el ser vivo genera y le permite controlar sus acciones motoras, y que en un cadáver es posible obtener movimiento por medio de la electricidad. (Aprile, F. Perissinotti, F. 2001. Pág. 147).

Actualmente para la humanidad es algo elemental considerar que es el cerebro el que genera el impulso eléctrico y que son los nervios el medio por el cual este impulso se transmite a la musculatura, ello permite todo tipo de movimientos, sin embargo en el siglo XVIII época de Galvany y Volta en un período en el que no existían instrumentos lo suficientemente sensibles para medir las pequeñas cantidades de energía eléctrica que circulaban por el tejido nervioso, sin apenas medios ellos lo demostraron y no sólo eso sino que el tipo de energía que recorría el cuerpo humano era del mismo tipo que aquel que producía los relámpagos o el que se mostraba al frotar una barra de ámbar.

No obstante, la gran revolución llega con la invención del marcapasos cardiaco por Earl Bakken en el año 1953, por primera vez en la historia, la vida de un enfermo dependía del correcto funcionamiento de un generador de corriente eléctrica que regulaba la función auricular a través de un electrodo. Este hito marca el inicio de una nueva era en la medicina y el de una carrera tecnológica por hacer generadores cada vez más pequeños y sofisticados. La electroestimulación fue introducida en el deporte por los atletas de los países del bloque comunista para el entrenamiento deportivo desde el año 1950, pero los países del Este no obtuvieron la acreditación para el uso de la electroestimulación neuromuscular (EMS) hasta el año 1970. (Boschetti, G.. 2000. Pág. 38).

Es preciso recalcar que en la actualidad, los diversos avances confluyen y poco a poco emerge la posibilidad de utilizar la electroterapia como una terapia física realmente útil, producto de la investigación aparecen nuevas modalidades de corrientes: Interferenciales, Diadinámicas, Iontoforesis, el conocimiento de la neurofisiología avanza a pasos agigantados, se descubre el modo en que los músculos reaccionan de forma más eficaz a los impulsos eléctricos, se descubre la importancia de las frecuencias en la estimulación de las fibras musculares rápidas y lentas.

4.2 Funcionamiento de la electroestimulación

Para una contracción voluntaria, el cerebro emite la orden (potencial de acción) que se propaga a gran velocidad a lo largo del nervio motor invirtiendo la polaridad de la célula atravesada. Al final del recorrido, gracias a la acetilcolina, la información se encamina al interior de la célula muscular y se desencadena una sacudida muscular. La electroestimulación es una técnica que consiste en producir potenciales de acción sobre las células excitables (nerviosas o musculares) a través de un impulso eléctrico haciendo lo mismo que hace el cerebro. (Fernández, M., et al., 2004).

Al hacer una comparación entre la contracción voluntaria y la EENM diremos que:

En la contracción muscular voluntaria al reclutar fibras, primero el músculo hace uso de las fibras pequeñas tipo I o denominadas lentas y luego las más grandes tipo II o rápidas, fibras que están presentes en todos los músculos estriados, habiendo un predominio de las tipo I en los músculos posturales (tronco) y de las tipo II en los músculos periféricos (extremidades); por ser pequeñas las fibras reclutadas en primera instancia, se produce fatiga más pronto (en la amiotrofia se pierden las fibras grandes en mayor cantidad), ésta fatiga es producida cuando se acaba el ATP; además no se logra reciclar acetilcolina tan rápido porque se da un tiempo entre la activación de una fibra a otra; mientras que, mediante la EENM se estimulan las fibras tipo II, se produce la fatiga cuando se acaba la acetilcolina, pero ésta se recicla luego de ser liberada.

La electricidad provoca el fenómeno natural de la excitación del nervio a lo que las fibras musculares responden con una unidad de trabajo, una sacudida (que sumada a otras, a una cierta frecuencia, provocará una contracción). La EENM es pues un medio de imponer a las fibras musculares un trabajo, y éstas progresan gracias al trabajo que realizan. (Ortiz, V., 1996).

Actualmente gracias a los componentes electrónicos modernos y de alta calidad se logra lo que se llama el impulso óptimo, que proporciona eficacia y seguridad. Pocos especialistas del entrenamiento o de la musculación lo saben. Es posible en ciertas condiciones de estimulación obtener resultados de contracción cercanos a la máxima fuerza voluntaria e incluso sobrepasarla con el beneficio DE NO SOBRECARGAR LAS ARTICULACIONES Y TENDONES. (Ortiz, V. ,1996).

4.3 Efectos de la Electroestimulación

Es importante recalcar que la electroestimulación es utilizada en las Ciencias del Deporte Aplicadas, la misma que consiste en la generación de estimulaciones musculares involuntarias mediante la aplicación de corrientes eléctricas al músculo, con la finalidad de mejorar la fuerza muscular y el rendimiento deportivo además la electroestimulación muscular es un importante complemento a los programas de entrenamiento de fuerza convencionales dirigidos a la mejora del rendimiento deportivo, así como en el mantenimiento y mejora de la fuerza muscular en músculos debilitados o inmovilizados, además conlleva la activación artificial de un músculo mediante la aplicación de corrientes eléctricas, utilizando un protocolo específico para minimizar las molestias asociadas al estímulo. (D'Urbano, G. 1999).

Resulta fundamental mencionar que la electroestimulación ha sido aplicada en la mejora de la fuerza muscular en personas sanas, y recientemente la electroestimulación está siendo utilizada como complemento en deportistas de competición, además esta técnica viene empleándose desde hace tiempo en la rehabilitación aportando importantes beneficios en éste campo, sobre todo para resolver las patologías musculares más comunes como son:

- La prevención y el tratamiento de la amiotrofia,
- La potenciación.

- Las contracturas.
- El aumento de la fuerza para la estabilidad articular.
- La profilaxis de la trombosis.
- La estimulación de los músculos paralizados.
- El tratamiento del dolor (TENS).

GRÁFICO N° 30

ELECTROESTIMULACIÓN DE CUÁDRICEPS

Fuente: magisnef.wordpress.com

Efectos biológicos de la electroestimulación corporal:

- Reduce centímetros
- Reafirma y tonifica os músculos
- Combate celulitis
- Favorece el retorno venoso

Zonas del cuerpo que se puede tratar con electroestimulación:

- Abdomen
- Cintura
- Glúteos
- Piernas (pantalón de montar)

- Piernas (flacidez de entrepierna)
- Brazos

4.3.1 Efectos de las distintas frecuencias

1 a 3 Hz - Tiene un efecto descontracturante y relajante, es ideal para contracturas musculares.

4 a 7 Hz - Aumenta la segregación de endorfinas y encefalinas. Logrando una disminución del dolor y la ansiedad.

8 a 10 Hz - El aumento del flujo sanguíneo es máximo, se multiplica por cinco. Crea nuevos capilares, permite una restauración de los tejidos y un verdadero drenaje venoso y parece ser que linfático.

10 a 33 Hz - Recluta las fibras lentas, (tipo I) y aumenta la resistencia de las mismas. Es idónea para el aumento del tono muscular y en la mejora de la resistencia muscular localizada. (Cometti, G.,2001).

33 a 50 Hz - Solicita fibras intermedias, concretamente las IIa. Logra el mayor aumento de resistencia a la fatiga, es ideal para deportes de resistencia. Proporciona un mayor aumento del tono muscular sin desarrollar la musculatura.

50 a 75 Hz - Se estimulan preferentemente las fibras intermedias tipo IIb. proporciona un aumento de la fuerza v de la resistencia localizada. Los estudios que comparan la EEM con el entrenamiento voluntario muestran un mayor aumento de la fuerza, de la potencia y de la musculatura todo ello sin sobrecargar las articulaciones La hipertrofia es máxima a 70-75Hz y los resultados se pueden comprobar en pocas semanas, las investigaciones así lo demuestran. Combinar el entrenamiento voluntario en sala de Fitness con la EEM en la misma sesión, proporciona un eficaz aumento de volumen muscular y preserva las articulaciones. La EEM posibilita aumentar

determinadas zonas musculares difíciles de localizar con entrenamiento voluntario. (Cometti, G., 2001).

75 a 120 Hz e incluso 150 Hz - Consigue una supratetanización de las fibras rápidas. Las mejoras en fuerza y explosividad son mayores que las conseguidas con esfuerzos voluntarios y todo ello sin lesionar. El fútbol es otro deporte que se beneficia de las ventajas de entrenar con la EEM para proteger los ya castigados cartílagos articulares. (Ortiz, V. ,1996).

4.4 Músculo y electroestimulación

La electricidad está en nuestro cuerpo, es utilizada para transmitir las órdenes del sistema nervioso. La acción de la EENM debemos compararla a la acción muscular voluntaria. En una acción voluntaria el sistema nervioso central envía un mensaje en forma de estímulo eléctrico hasta la placa motora que se halla en el músculo y éste se contrae. La EENM envía el estímulo directamente a la placa motora y logra el mismo resultado: la contracción de las fibras.

La EENM permite hacer trabajar selectivamente el tipo de fibras musculares. El parámetro que permite seleccionar el tipo de fibras a reclutar es la frecuencia del estímulo, se mide en Hercios “Hz”. La frecuencia representa el número de impulsos por segundo. En función de la frecuencia (en Hz) aplicada, se obtienen resultados distintos. (Pinsach, P., 2005).

4.5 Ventajas

Se debe utilizar un aparato de baja frecuencia (de 1 a 120 impulsos por segundo) que asegure una contracción muscular potente, visible y fisiológica, libre de sensaciones eléctricas desagradables y que no produzca irritaciones o quemaduras en la piel. Los estimuladores musculares pueden tener de uno a cuatro canales, cuantas más vías de salida de la corriente tenga el aparato, mayor será el número de grupos musculares que se podrán tratar, sobre todo si este es capaz de ejecutar dos programas distintos al mismo tiempo. (Ricchiuti. L. 2000. Pág. 132)

Ventajas demostradas:

- Facilita la recuperación del músculo fatigado después de la competición, o de un entrenamiento intenso.

- Aumenta la fuerza, la fuerza explosiva, la fuerza-resistencia, y la resistencia aeróbica, al efectuar una actuación selectiva de los distintos tipos de fibras musculares.

- Realiza un intenso trabajo muscular, exento de fatiga psicológica y estrés general.

- Desarrolla una red de capilares alrededor de las fibras rápidas, con un aumento y una mejora sustancial de la micro circulación sanguínea del músculo.

- Mayor y más rápido aumento del tono muscular localizado que otro sistema de entrenamiento (deportivo y físico) (glúteos, abdominales, muslos, etc.)

- Mayor hipertrofia que con el entrenamiento (deportivo y físico) con sobrecargas

- Excelente masaje y perfecta recuperación en lesiones (piernas cansadas, contracturas, tendinitis, etc.)

- Regeneración y oxigenación de tejidos aumentada por cinco

- Excelente ayuda para terapias de disminución de porcentaje de grasa

- Desaparición o reducción del dolor (cervicalgias, lumbalgias, epicondilitis, etc.)

- Aumento de la resistencia local por transformación de fibras intermedias en lentas
- Disminución de lesiones y de fatiga en deportistas

- Ganancia de tiempo para dedicarlo a la técnica

Ventajas posibles:

- Contraer una cantidad de fibras musculares superior a las que se obtendrían con algún tipo concreto de contracción voluntaria.

- Modificar la tipología de las fibras musculares, así como su elasticidad.

Es importante tener en cuenta que a pesar de las ventajas de estos aparatos, se debe tener cuidado, ya que existe una gran variedad de electroestimuladores buenos y malos, que pueden ser eficientes, poco eficientes e incluso algunos dirán ser mágicos en cuanto a sus logros y posibilidades.

La gran diferencia estará en contar no sólo con un buen aparato, sino también en el programa de entrenamiento y rehabilitación en el que se introduzca dicha electroestimulación.

4.6 Indicaciones y contraindicaciones

- Estos aparatos no deben ser usados por mujeres embarazadas ni por niños solo en el último caso se podrán usar si es que un doctor asi lo aconsejara.

- Tampoco se aconseja usar estos aparatos por personas con epilesia a menos que un doctor o profesional de la salud acreditado para la tarea, prescriba tal actividad a realizarse siempre bajo supervisión profesional.

- No se utilice en personas con epilepsia o embarazadas o con hernia

- No aplicar los electrodos en la cabeza

- Se recomienda evitar la región del corazón en personas con problemas cardiovasculares o con isquemia severa en miembros inferiores

- No utilizar el dispositivo en ambiente húmedo (saunas, hidroterapia)

- No aplique los dos polos del mismo canal en el contralateral, es decir, un mismo canal en brazo izquierdo y brazo derecho

- No quitar y mover los electrodos durante la sesión

- Cada usuario deberá tener su conjunto de almohadillas

- Algunas personas pueden padecer enrojecimiento por los electrodos, esto desaparecerá 20 o 30 minutos. después del uso

- No hay riesgos en la electroestimulación a largo plazo, no hay casos registrados

- No existe ningún riesgo en el mal posicionamiento de los electrodos, la electroestimulación sólo pierde su eficacia.

- Los movimientos oscilatorios están centrados en los miembros inferiores, objetivos en la estética y bienestar. La oscilación no se recomienda para mujeres con osteoporosis. La oscilación no funciona en los brazos y músculos del pecho, limita las posibilidades.

4.7 Compex

El equipo a utilizar en este estudio es el Compex Energy. Es muy sencillo de utilizar, con sus tres categorías de programas (deporte, salud, estética), ayuda a mantener eficazmente la condición física y a aliviar los pequeños dolores diarios.

El electroestimulador muscular Compex posee una técnica de entrenamiento, con la que se podrá alcanzar manifestaciones de fuerza y potencia similares o superiores al entrenamiento voluntario. No sólo eso, con estos electroestimuladores, también se puede tonificar, hipertrofiar selectivamente, masajear, hacer drenaje linfático o aplicaciones antidolor (Lioi, 2009).

El Compex Energy tiene 7 zonas de trabajo para lograr una estimulación específica adaptada a cada parte del cuerpo, además dispone de 3 niveles de progresión para evolucionar y progresar sesión a sesión, presenta 4 canales de estimulación para realizar sesiones completas de trabajo, ya que es capaz de abarcar

grandes volúmenes de estimulación simultánea y contiene 263 programas preestablecidos y divididos en 3 categorías:

- **Deporte:** Descuidada durante mucho tiempo, la preparación muscular de los deportistas que participan en competiciones es indispensable hoy en día.

- **Salud:** Englobando en este apartado programas de capitalización/oxigenación, contraer/descontraer/tonoliso, endorfinico/dolor crónico, Piernas pesadas, masaje relajante, prevención de calambres, tens/antidolor tens.

- **Estética:** Gracias a su gran diversidad y alta especificidad, los programas Estética de Compex aportan soluciones a todo aquel que desea recobrar y conservar las ventajas de una intensa actividad muscular. (Compex Médical S A. 2008).

GRÁFICO N° 31

ELECTROESTIMULADOR COMPEX ENERGY

Fuente: Compex Médical S A. 2008

El Compex usa para electroestimular energía eléctrica mínima, es decir, utiliza el menor tiempo e intensidad posibles para conseguir una mayor superficie de excitación.

El rectángulo es, claramente, la forma de impulso capaz de aportar la cantidad de cargas con el mínimo de intensidad. Así se producirá una estimulación lo más cómoda posible.

La energía eléctrica que pasa a la piel y los tejidos es mínima cuando la duración del impulso rectangular es igual al valor de la cronaxia (Lapicque da el nombre de cronaxia a la duración mínima durante la cual hace falta aplicar una corriente en la que la intensidad sea el doble de la reobase para obtener la estimulación). (Fernández, M., et al., 2004).

Tanto si hablamos de electroestimulación antálgica como de exitomotora, debemos enviar más de un impulso, y si éstos no están compensados, generarán una polarización, corriendo el riesgo de producir quemaduras y dolor.

En si la forma de corriente rectangular es utilizada para compensar el impulso positivo, obteniendo una mayor eficacia, es decir, para una misma intensidad eléctrica, reclutaremos un mayor número de fibras musculares; mediante una electroestimulación cómoda y eficaz.

4.7.1 Especificaciones

Dimensiones:

- Largo 137 mm.
- Ancho 94 mm.
- Altura 33 mm.
- Peso 320 gr.

Salida 4 canales independientes de diferente color, regulables, individualmente aislados el uno del otro.

Forma de impulsos: rectángular, corriente constante compensada, para excluir cualquier componente de corriente continuo, evitando así la polarización residual de la piel.

Corriente máxima de un impulso 120 miliamperios. Paso manual de incremento de corriente de un miliamperio. Duración de un impulso 50 a 400 milisegundos. Carga eléctrica máxima por impulso 96 microcolumbios. Frecuencia del impulso de 1 a 150 Herzios. Alimentación batería: Niquel – metal – híbrido (NIMH). Recargable (4.8v = 1200ma/h).

Un aparato algo mayor que un teléfono móvil que proporciona:

- Mayor y más rápido aumento del tono muscular localizado que otro sistema de entrenamiento (glúteos, abdominales, muslos).
- Mayor volumen muscular que con el entrenamiento con sobrecargas.
- Más aumento de fuerza que el entrenamiento voluntario.
- Disminución de lesiones y de fatiga en deportistas.
- Ganancia de tiempo para dedicarlo a la técnica.
- Entre otros beneficios. (Ortiz, V., 1996).

CAPÍTULO V

TIPOS DE CONTRACCIÓN MUSCULAR

No todas las contracciones del cuerpo humano se producen de la misma manera, pues se pueden diferenciar varios tipos de contracciones musculares, sin embargo la mayoría de los entendidos en esta materia reconocen fundamentalmente dos tipos de contracciones musculares que son: contracciones musculares isotónicas las mismas que a su vez se dividen en concéntricas y excéntricas, y contracciones musculares isométricas, otros autores, concretamente López y Fernández, 1998 establecen que en función del desarrollo del movimiento, además de la contracción isotónica existe una contracción isocinética

5.1 Contracciones Isotónicas

La contracción isotónica se le conoce también con el nombre de contracción muscular dinámica y es definida, desde el punto de vista fisiológico, a aquella contracción en la que las fibras musculares además de contraerse, modifican su longitud, es una contracción muscular donde se produce un acortamiento considerado en la longitud del músculo

Es primordial indicar que el término isotónico se deriva de la palabra Griega isotonos donde *iso* significa igual y *tonos* significa tensión.

En la actualidad este término es indeterminado cuando se aplica a la mayoría de las acciones musculares dinámicas que abarcan movimientos debido a que la capacidad efectiva generadora de fuerza del músculo varía a medida que cambia el ángulo de la articulación, así que la producción de fuerza máxima no es uniforme a través de todo el rango de acción del movimiento (McArdle, Katch y Katch, 1996).

Habitualmente este término es empleado cuando la resistencia externa es constante, lo cual se logra cuando se trabaja (entrena) con máquinas de resistencia variable (multifuerza) o con pesas. Tanto a la contracción muscular concéntrica como la excéntrica se les considera isotónica debido a que en ambos casos se desarrolla tensión con movimiento.

La tensión del músculo permanecerá constante durante toda la contracción pero no se maximiza en todo su recorrido, mencionada contracción se caracteriza por producir modificaciones de los puntos de inserción y la tensión muscular permanece igual, y su ejecución se caracteriza por alternar cíclicamente la tensión- relajación, o tensión – descontracción.

Dicho tipo de contracción muscular con cargas adecuadas es más factible de aplicación en todas las edades. Y si bien su beneficio recae esencialmente sobre la fuerza, permite establecer positivas relaciones con la resistencia.

Las modificaciones fisiológicas que se producen en este tipo de trabajo son:

En el momento de la relajación, el músculo nuevamente, por causa de la circulación, elimina los productos de desecho formados por el trabajo.

En el momento de la tensión se aprecia un cierto impedimento en la normal circulación sanguínea, por lo que el músculo no se encuentra suficientemente abastecido desde el punto de vista energético.

Se debe mencionar que las contracciones isotónicas son las más comunes en la mayoría de los deportes, actividades físicas y actividades correspondientes a la vida diaria, ya que la mayor parte de las tensiones musculares que se ejercen suelen ser acompañadas por acortamiento y alargamiento de las fibras musculares de un músculo determinado, además todos los ejercicios que consisten en levantar peso requieren contracciones isotónicas. Esto ocurre cuando el músculo se encoge al contraerse, por ejemplo dicha contracción isotónica puede apreciarse cuando se flexiona el músculo bíceps: cuando la persona permanece con el brazo horizontal y la palma mirando hacia arriba. Se puede medir la longitud aproximada de su bíceps, que encoja el brazo y se puede observar cómo el bíceps se encoge a medida que se

contrae. Se lo puede incluso medir de nuevo contraído, y se podrá mirar cómo es mucho más corto.

De acuerdo al movimiento, si se acercan o se alejan las inserciones, se puede diferenciar dos tipos de contracciones isotónicas que se son:

- Excéntricas
- Concéntricas

5.1.1 Contracciones Excéntricas

Es importante conocer que a la contracción excéntrica se le conoce también como contracción negativa, y es aquella en la que la resistencia vence la tensión producida por el músculo, como una mancuerna en la fase de descenso. De esta forma al vencer la resistencia los puntos de inserción del músculo se alejan, por tanto el músculo se alarga, cuando una resistencia establecida es mayor que la tensión ejercida por un músculo determinado, de modo que éste se alarga se dice que dicho músculo ejerce una contracción excéntrica, en este caso el músculo desarrolla tensión alargándose es decir extendiendo su longitud, un ejemplo es cuando la persona se lleva el vaso desde la boca hasta apoyarlo en la mesa, el bíceps braquial se contrae excéntricamente además jugando un papel fundamental la fuerza de gravedad, ya que si no se produciría una contracción excéntrica y se relajaran los músculos el brazo y el vaso caerían hacia el suelo a la velocidad de la fuerza de gravedad, para que esto no ocurra el músculo se extiende contrayéndose en forma excéntrica.

En este tema se puede decir que cuando los puntos de inserción de un músculo se alargan se producen una contracción excéntrica.

En las contracciones excéntricas se producen menores cantidades de miostatina. Aspecto muy significativo si se tiene en consideración que la miostatina es un factor de crecimiento que limita el desarrollo del tejido muscular.

Es preciso también indicar que las contracciones excéntricas son las opuestas a las isotónicas pues en estas el músculo se alarga a medida que se tensa, mencionadas contracciones son menos comunes y no tan beneficiosas como las contracciones isotónicas.

En las contracciones excéntricas se utiliza el término alargamiento bajo tensión, este vocablo suele prestarse a confusión ya que si bien el músculo se alarga y extiende lo hace bajo tensión y yendo más lejos no hace más que volver a su posición natural de reposo.

- **Máquina de extensiones**

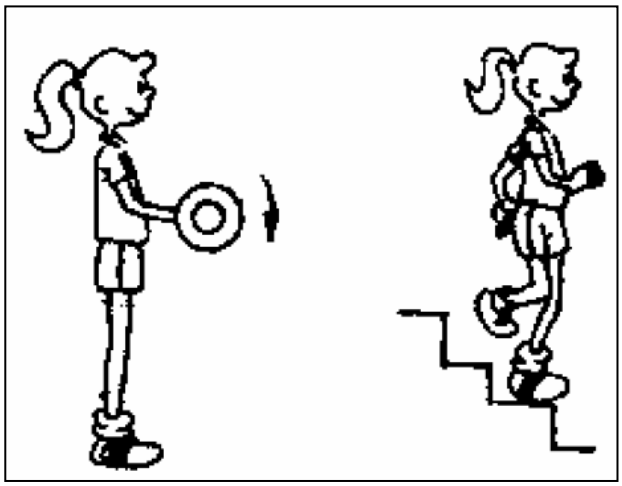
Cuando se baja las pesas el músculo cuádriceps se extiende pero se está produciendo una contracción excéntrica. Aquí los puntos de inserción del músculo cuádruples se alejan por ello se dice que se produce una contracción excéntrica.

- **Tríceps con polea**

Al subir el brazo el tríceps braquial se extiende bajo resistencia. Aquí los puntos de inserción del músculo Tríceps Braquial se alejan por ello se dice que se produce una contracción excéntrica.

GRÁFICO N° 32

CONTRACCIONES EXCÉNTRICAS



Fuente: biomecánicaykinesiologia.blogstopt.com

GRÁFICO N° 33

MUSCULARES COMO RESULTADO DE CONTRACCIONES EXCÉNTRICAS RÁPIDAS

Fuente: triarosario.blogspot.com

GRÁFICO N° 34

CONTRACCIONES EXCÉNTRICAS

Fuente: nopeso.com

GRÁFICO N° 35

ESTIRAMIENTO MIOTENSIVO

Fuente: nopeso.com

GRÁFICO N° 36

EJERCICIO DE CONTRACCIÓN EXCÉNTRICA DEL MUSCULO SÓLEO

Fuente: triarosario.blogspot.com

GRÁFICO N° 37

Fuente: francgilo.wordpress.com

5.1.2 Contracciones Concéntricas

La contracción muscular concéntrica es aquella donde se aproximan las puntas de inserción del músculo y va en contra de la fuerza de gravedad, la misma que ocurre cuando un músculo desarrolla una tensión suficiente para superar una resistencia, de tal manera que este se acorta y moviliza una parte del cuerpo venciendo dicha resistencia. Un claro ejemplo es cuando la persona lleva un vaso de agua a la boca para beber, existe acortamiento muscular concéntrico ya que los puntos de inserción de los músculos de juntan, se acortan o se contraen.

Constituyen aquellas contracciones isotónicas en las que la fibras musculares desarrollan la tensión suficiente como para superar una resistencia, en este caso, una mancuerna, al superar la resistencia el músculo se acorta acercando segmentos corporales.

Una contracción muscular concéntrica es un tipo muy común de contracción muscular, es una forma de utilizar los músculos del cuerpo para tareas físicas y es parte de muchos ejercicios físicos básicos y las actividades diarias.

Terapeutas físicos e instructores profesionales hablan a menudo de las contracciones concéntricas cuando están explicando los diferentes tipos de contracciones que logran los músculos. Asimismo las contracciones concéntricas son como parte de lo que llaman los expertos isotónica ejercer.

En ejercicio de isotónica, una carga de peso o la resistencia se mantiene constante a través de un rango de movimiento.

- **Máquina de extensiones**

Cuando se levantan las pesas el músculo cuádriceps se acorta con lo cual se produce la contracción concéntrica. Aquí los puntos de inserción del músculo Cuádriceps se acercan por ello se dice que se produce una contracción concéntrica.

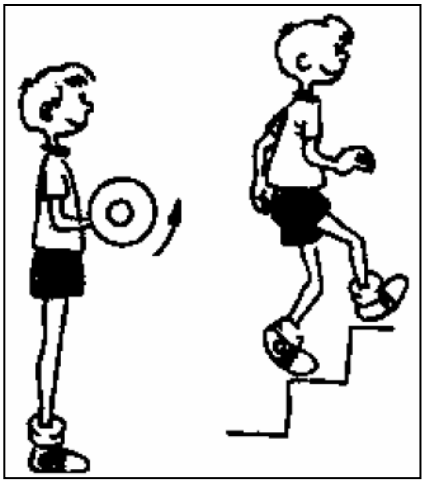
- **Tríceps con polea**

Al bajar el brazo y extenderlo para entrenar el tríceps se está contrayendo el tríceps en forma concéntrica, Aquí los puntos de inserción del músculo tríceps braquial se acercan por ello se dice que se produce una contracción concéntrica.

En resumen se manifiesta que cuando los puntos de inserción de un músculo se acercan la contracción que se produce se la denomina concéntrica.

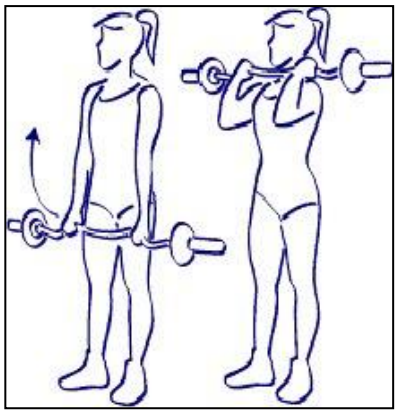
GRÁFICO N° 38

CONTRACCIONES CONCÉNTRICAS



Fuente: biomecánicaykinesiologia.blogstopt.com

GRÁFICO N° 39



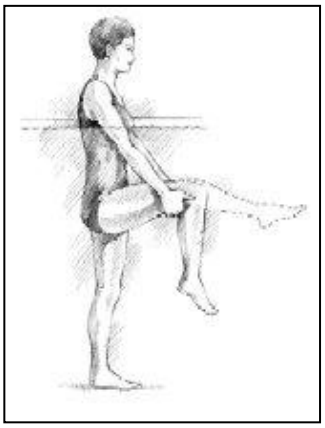
Fuente: biomecánicaykinesiologia.blogstopt.com

GRÁFICO N° 40

Fuente: personaltrainersamx.blogstopt.com

GRÁFICO N° 41

LEVANTAMIENTO DE RODILLA



Fuente: biomecánicaykinesiologia.blogstopt.com

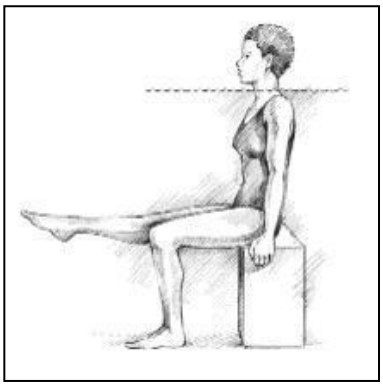
GRÁFICO N° 42

LEVANTAMIENTO LATERAL PIERNA

Fuente: biomecánicaykinesiologia.blogstopt.com

GRÁFICO N° 43

FLEXIÓN DE RODILLA



Fuente: biomecánicaykinesiologia.blogstopt.com

5.2 Contracciones Isométricas

Una contracción isométrica tiene lugar cuando el músculo se tensa pero no existe movimiento, en este caso el músculo permanece estático sin acortarse ni alargarse, aunque permanece estático genera tensión por lo que el tamaño del músculo no varía, a este tipo de contracciones también se les conoce como contracciones musculares estáticas. Varios instructores crean sus propios ejercicios que requieren contracciones isométricas para desarrollar más fuerza, ejemplos de mencionadas contracciones tienen lugar cuando el individuo sostiene un peso con los brazos extendidos, o cuando se intenta levantar un objeto inamovible.

Un claro ejemplo de la vida cotidiana sería cuando se lleva a un niño en brazos, los brazos no se mueven, siempre mantienen al infante en la misma posición y generan tensión para que no se caiga al piso, no se produce ni acortamiento ni alargamiento de las fibras musculares.

Con lo cual se puede decir que se genera una contracción estática cuando generando tensión no se produce modificación en la longitud de un músculo determinado.

Es preciso enunciar que el trabajo muscular isométrico o estático para el desarrollo de la fuerza, se caracteriza por originar contracciones máximas sin acortamiento musculares, es un trabajo sin desplazamiento de la resistencia impuesta. Las inserciones musculares no se modifican, es decir, ni se aproximan ni se alejan. Se origina una contracción isométrica, siempre que la resistencia supere a la fuerza útil.

El trabajo muscular isométrico se puede realizar de tres maneras que son:

- Por el intento de movilizar cargas superiores a las que puede efectivamente vencer.

- Por empujar objetos fijos o que no se desplacen.

- Por contracción de un grupo muscular contra los músculos que obran en sentido opuesto.

GRÁFICO N° 44

TRABAJO DE ABDOMINALES

Fuente: vitonica.com

GRÁFICO N° 45

EJERCICIOS DE CONTRACCIÓN ISOMÉTRICA

Fuente: abdominalesperfectos.es

GRÁFICO N° 46

Fuente: pilatesalud.blogstopt.com

5.3 Contracciones auxotónicas

Estas contracciones se producen cuando se combinan contracciones isotónica con contracciones isométricas, al iniciarse la contracción se acentúa más la parte isotónica, mientras que al final de la contracción se acentúa más la isométrica

Un ejemplo práctico de este tipo de contracción se lo encuentra en las camas del Método Pilates, cuando se trabaja con resortes estos se estiran hasta un cierto punto, el músculo se contrae concéntricamente, se mantiene unos segundos estáticamente (isométricamente) y luego se vuelve a la posición inicial con una contracción en forma excéntrica.

GRÁFICO N° 47

EJERCICIOS DE CONTRACCIÓN AUXOTÓNICA

Fuente: fuerzaycontrol.com

GRÁFICO N° 48

EJERCICIOS DE CONTRACCIÓN AUXOTÓNICA

Fuente: fuerzaycontrol.com

5.4 Contracciones Isocinéticas

Se la define como una contracción máxima a velocidad constante en toda clase de movimiento, es frecuente en aquellos deportes en los que se necesita una velocidad uniforme como puede ser la natación o el remo; en los que el agua ejerce una fuerza constante, cuando se aumenta la fuerza el agua aumenta la resistencia; para ello se diseñaron los aparatos isocinéticos para desarrollar velocidad constante y uniforme durante todo el movimiento.

Aunque las contracciones isocinéticas e isotónicas son concéntricas y excéntricas son muy distintas, ya que en las contracciones isotónicas no se controla la velocidad del movimiento con ningún dispositivo, y además no se ejerce la misma tensión durante el movimiento.

La contracción muscular isocinética se realiza a una velocidad angular o de giro constante. Este tipo de contracción se realiza con aparatos que ofrecen una resistencia adaptada a la fuerza aplicada para mantener la velocidad siempre constante en un valor previamente fijado (López y Fernández, 1998).

GRÁFICO N° 49

POSICIÓN MUÑECAS BÍCEPS

Fuente: fuerzaycontrol.com

GRÁFICO N° 50

TUMBADO BOCA ARRIBA Y PONERSE DE PIE

Fuente: fuerzaycontrol.com

CAPÍTULO VI

FORTALECIMIENTO MUSCULAR EN REHABILITACIÓN

El fortalecimiento muscular es un problema frecuente en la kinesiterapia. En numerosos casos resulta fundamental para restablecer el movimiento. Requiere del terapeuta un conocimiento amplio de la fisiología y de la biomecánica del músculo.

Comprende la valoración de las deficiencias, el análisis de las limitaciones en las actividades de la vida diaria, el diagnóstico kinesiterapéutico y la determinación de objetivos concretos. Estos últimos dependen de la enfermedad, pero también de las actividades de cada paciente, que necesitan características musculares específicas. La realización de un programa de fortalecimiento exige adaptaciones con respecto a las estructuras y funciones afectadas y al paciente a quien vaya dirigido. Se utilizan numerosas herramientas, de las más sencillas a las más complejas, con sus ventajas e inconvenientes, pero frecuentemente complementarias unas y otras. El fortalecimiento muscular en rehabilitación debe basarse en la utilización de programas personalizados y no en la aplicación de protocolos generales.

Es bien sabido de la importancia de una planificación a la hora de rendir en cualquier disciplina, pero muchas veces se descuida la planificación y ordenación de los métodos de fuerza y musculación.

6.1 Objetivos

Los objetivos se clasifican en tres tipos:

6.1.1 Objetivos curativos

Tienen como finalidad el tratamiento de un déficit muscular secundario a un traumatismo o a una inmovilización prolongada. El objetivo es devolver a los músculos su fuerza, asegurar la movilidad y estabilidad articular y permitir la reincorporación a las actividades de la vida diaria, de ocio o laborales, en las mejores condiciones posibles. En el caso de lesiones musculares o tendinosas, se trata de devolver a esas estructuras su capacidad de resistencia al esfuerzo.

6.1.2 Objetivos preventivos

Se trata de prevenir las recidivas de lesiones ligamentosas, de accidentes musculares o de tendinopatías. Actualmente, el fortalecimiento muscular se indica también en el tratamiento de las lumbalgias crónicas. Permite prevenir, asimismo, las caídas en los ancianos y la amiotrofia tras las inmovilizaciones.

6.1.3 Objetivos paliativos

En este caso, se trata de compensar la pérdida de ciertos músculos. Así por ejemplo, se fortalecerán los miembros superiores en el caso del paciente parapléjico.

6.2 Programas de fortalecimiento

La fuerza se define como la capacidad para deformar, desplazar o modificar la trayectoria de un objeto. Su fórmula viene dada por la segunda ley de Newton:

F = m x a, es decir, es el producto de la masa por la aceleración. La aceleración (a veces deceleración, en el caso de la contracción muscular excéntrica) es un parámetro esencial para la eficacia del movimiento. Si se toma como ejemplo el paso de la sedestación a la bipedestación, el éxito o el fracaso de este desplazamiento estará vinculado a la capacidad del sujeto para acelerar lo suficiente su centro de gravedad en el cambio de posición. Este impulso que debe vencer a la inercia, es difícil de medir por su brevedad; en el mundo del deporte lo llaman explosividad. Así pues, todos los programas de fortalecimiento aplicados deben incluir no sólo el concepto del peso y de la resistencia sino también, y de manera habitual, el de

velocidad o, mejor aún, de aceleración (o de deceleración). La unidad que permite cuantificar la fuerza es el newton.

Existe una interacción entre la fuerza producida por el músculo o fuerza interna y la resistencia o fuerza externa contra la que el músculo debe luchar.
Estas dos fuerzas se ejercen sobre los segmentos óseos articulados entre sí, constituyendo auténticas palancas. Por ello, sólo debería hablarse de momentos de fuerza o de momentos de resistencia.

La potencia se define como el producto de la fuerza por la velocidad. Se expresa en vatios (W). Refleja el funcionamiento del músculo, sobre todo en los movimientos rápidos.

El trabajo se define como el producto de la fuerza por el desplazamiento. Se expresa en julios (Q). Está relacionado con la capacidad energética del músculo.

6.3 Elementos que componen los programas

6.3.1 Modo de contracción

- **Modo isométrico**

Ventajas

- Permite un fácil control de las tensiones ejercidas sobre el músculo y las estructuras vecinas.
- Es útil en la recuperación de la amiotrofia.
- Se adapta muy bien a algunos músculos de tipo tónico que funcionan esencialmente de este modo, como por ejemplo los músculos del tronco.

Inconvenientes

- Su utilización exclusiva no es válida para los músculos de tipo fásico o mixto.

- El músculo se fortalece sobre todo en la longitud alcanzada durante el entrenamiento, por lo que se hace necesario variar el ángulo articular.

- **Modo concéntrico**

Ventajas

- Favorece la recuperación en la amiotrofia.
- Es útil cuando las estructuras musculares o tendinosas son todavía frágiles porque requiere poca intervención de las estructuras pasivas del músculo.

Inconvenientes

- Los principales inconvenientes se derivan de su utilización de forma exclusiva.
- Hay pocos músculos y actividades que utilicen únicamente este modo.

- **Modos excéntrico y pliométrico**

Tienen mala imagen en el ámbito de la rehabilitación. La idea que se tiene de ellos viene del mundo del deporte, donde se utilizan en niveles de gran intensidad. Sin embargo, estos modos están presentes en muchas de las actividades de la vida diaria. Por ejemplo, durante la marcha la actividad muscular es esencialmente excéntrica o basada en el ciclo estiramiento-relajación, hecho que origina su funcionamiento económico. El descenso de escaleras se lleva a cabo fundamentalmente por el control excéntrico de la cadena de extensores de los miembros inferiores.
Las actividades excéntricas intervienen de manera fundamental en la estabilidad de las articulaciones.

Ventajas

- Las contracciones excéntricas o pliométricas suelen estar próximas a la función.

- Permiten fortalecer las estructuras pasivas del músculo.

Inconvenientes

Si los ejercicios están mal ajustados, estos modos pueden ser peligrosos. No obstante, los niveles de intensidad son muy inferiores a los utilizados en el deporte.

6.4 Tipos de fortalecimiento

La clasificación empleada en el deporte es también aplicable en rehabilitación. Se pueden distinguir varios tipos de fortalecimiento que permiten desarrollar la fuerza máxima, la potencia máxima y la fuerza explosiva también llamada fuerza-velocidad.

Estos tipos de fortalecimiento van según la intensidad de la contracción, el número de repeticiones y la velocidad del movimiento. Aquellos vinculados específicamente a la rehabilitación son:

6.4.1 Métodos de desarrollo de la fuerza máxima

Para alcanzar este objetivo, es indispensable utilizar cargas cercanas al límite máximo con un número pequeño de repeticiones 1101. Es necesario utilizar un 60 % de la 1 RM (1 repetición máxima) para comenzar a obtener eficacia, y un 80 % para implicar a las fibras II B, que son aquellas capaces de producir la máxima tensión.

En rehabilitación, el kinesiterapeuta debe asegurarse de que las estructuras pueden soportar las tensiones provocadas por estas contracciones intensas.

Por ello, muchas veces este objetivo se demora en el tiempo. Sin embargo, no debe olvidarse cuando las lesiones estén consolidadas o cicatrizadas.

6.4.2 Métodos de desarrollo de la potencia máxima

La potencia máxima se consigue mediante una fuerza comprendida entre el 35 y el 50 % de la fuerza máxima isométrica y el 35 al 50 % de la velocidad máxima de contracción.

Miller y Quiévre diferencian los procedimientos realizados con una potencia máxima tipo fuerza (resistencias entre el 50 y el 70 % de la 1 RM dinámica) y los modos realizados con una potencia máxima tipo velocidad (resistencias entre el 30 y el 50 % de la 1 RM dinámica). La orden dada al paciente es acelerar al máximo el movimiento, independientemente de la carga. Así, un entrenamiento de la potencia implica alcanzar la velocidad máxima posible para una carga determinada.

6.4.3 Métodos de desarrollo de la velocidad máxima o de la fuerza explosiva

El objetivo es conseguir un movimiento lo más rápido posible. Para permitirlo, la carga contra la cual debe luchar el músculo es pequeña: inferior al 30 % de la 1 RM en el modo concéntrico. Al igual que en el entrenamiento con potencia máxima, la orden dada al paciente es acelerar al máximo. El entrenamiento excéntrico y pliométrico facilita también la producción de estos movimientos de aceleración máxima.

La calidad de la fuerza explosiva no se desarrolla bastante en los programas de rehabilitación. Sin embargo, la velocidad es necesaria para muchas de las actividades de la vida diaria, del ocio o de la vida laboral. Retomando el ejemplo citado en la introducción, el simple hecho de levantarse de una silla es poco eficaz y costoso desde el punto de vista energético si se realiza lentamente. Realizar este gesto con rapidez pone en marcha el ciclo de estiramiento-relajación de los extensores de la columna, de la cadera, de la rodilla y del tobillo, de una forma eficaz y más económica.

Las contracciones rápidas son necesarias para hacer frente a los desequilibrios. En los ancianos esta facultad se pierde a menudo (disminución de las fibras TI B) lo que favorece las caídas.

6.4.4 Programas para aumentar la masa muscular

El volumen es, junto con los factores nerviosos implicados en el reclutamiento muscular, el otro parámetro que interviene en la producción de fuerza.

Este objetivo es frecuente en rehabilitación en la medida en que la amiotrofia está vinculada a la infrautilización del músculo. Las técnicas dirigidas al aumento de volumen se describen en el artículo sobre fortalecimiento muscular en el deportista.

Los modos concéntrico e isométrico son los más indicados, ya que el nivel de intensidad requerido se acerca al recomendado para la potencia máxima.

En estos ejercicios no se busca la velocidad de movimiento. Las amiotrofias que persisten a pesar de diferentes intervenciones no son casuales, sino que se deben a no haber podido o sabido utilizar los medios adecuados durante el tiempo suficiente.

6.4.5 Métodos para incrementar la resistencia

La idea que se suele tener de la resistencia es que se trata de ejercicios que movilizan una carga pequeña, con numerosas repeticiones y a una velocidad lenta o relativamente lenta. En la práctica, este tipo de entrenamiento no tiene mucho interés. Es incompleto desde el punto de vista muscular, ya que sólo provoca una excitación de las fibras I demasiado débil como para obtener algún beneficio en los pacientes y además no suele ser adecuado para las actividades habituales.

El entrenamiento de la resistencia tiene como objetivo mejorar la capacidad metabólica del músculo.

6.4.6 Exploración de la fuerza y de las deficiencias musculares

La exploración permite constatar las deficiencias y seguir la progresión de los pacientes durante la rehabilitación.

La amiotrofia se observa con frecuencia. Clásicamente se valora midiendo los perímetros, aunque esta medida no es totalmente representativa de la masa muscular. También hay que tener en cuenta la presencia de edema y de tejido graso, ya que con frecuencia la amiotrofia es de mayor intensidad que lo que refleja el perímetro medido.

La valoración de la fuerza muscular no se refiere a músculos aislados, sino a grupos musculares con una función común (flexión, extensión, etc.). Se utilizan distintos métodos. En realidad se mide el momento de resistencia y no la fuerza muscular ni el momento motor producido por la contracción muscular.

La valoración manual, empleada en la exploración física, sólo es útil en los niveles iguales o inferiores. Clásicamente se reserva para las parálisis periféricas y algunos autores también la emplean en las paraplejías y tetraplejías.

Los músculos pueden ser valorados según los diferentes modos de contracción. El modo isométrico es el más utilizado en rehabilitación. El examen se realiza con un material sencillo. El estudio es más fácil ya que en esta situación los momentos motores y de resistencia son, por definición, constantes. Se comercializan diferentes modelos de dinamómetros, sensibles a la tracción o a la presión y muy fáciles de utilizar.

6.5 Fases de fuerza y musculación

6.5.1 Fase de adaptación anatómica (3-10 semanas)

Según el nivel del deportista, cuanto mayor entrenado esté menos adaptación anatómica necesita, ya que predominaría el reclutamiento de fibras musculares lentas (rojas, con mayor vascularización y mayor aguante pero menos rápidas que las fibras musculares blancas) para los deportes de fuerza y velocidad sería contraproducente.

Es una fase de carácter profiláctico, donde se trabajan todos los grupos musculares, además de los ligamentos y tendones, desde una orientación genérica para preparar al deportista para las siguientes fases del proceso de entrenamiento (Tous, 1999).

6.5.2 Fase de hipertrofia (4-6 semanas)

Hay que tener cuidado con esta fase ya que para un fondista esta fase se podría saltar ya que un aumento desproporcionado de la masa muscular le impediría desplazarse con facilidad, por lo que hay que considerar si al deportista le interesa un

aumento de la masa muscular, teniendo en cuenta que la fase anterior (adaptación anatómica), ya ha hecho un efecto de hipertrofia en los músculos del deportista, para un lanzador, evidentemente la fase de hipertrofia sí es necesaria.

6.5.3 Fase de fuerza máxima (en función de la importancia, siempre múltiplos de 3)

Es decir, 3 semanas, 6 semanas, 9 semanas, adaptándose así a los cambios neuromusculares, ya que un trabajo de fuerza máxima lo que persigue es el mayor reclutamiento e inervación de las placas motoras a las fibras musculares).

Esta fase es la base de la potencia o de la resistencia muscular, es decir, sirve para deportes de fuerza y velocidad y para de resistencia, sin esta fase los niveles de potencia y de resistencia muscular podrán adquirir un nivel óptimo pero nunca mejorarán consiguiendo un nivel de alto rendimiento. Se trabaja con cargas superiores al 85% de 1RM, aplicando la máxima velocidad posible a la resistencia, efecto paradójico, ya que al haber una carga tan elevada la velocidad aplicada se verá transformada en un movimiento lento para el observador, pero el deportista tendrá que aplicar la máxima velocidad en el gesto.

El objetivo es desarrollar el máximo nivel de fuerza posible. El trabajo con cargas pesadas, superiores al 85% de 1 RM (Schmidtbleicher, 1992) suele ser el adecuado. En judo y lucha entre el 90-96% y en kárate, taekwondo y esgrima entre el 85-90% (fuerza submàxima, Mirallas, 2000).

6.5.3.1 Cálculo RM (Repetición Máxima)

Cabe destacar que el proceso de medición de la fuerza en condiciones estáticas es inherente a cada grupo muscular y al ángulo en el cual se mide, por lo que es muy dispendioso y poco útil. En vez de ellos, las mediciones se hacen de manera dinámica con pesos libres o con máquinas. En estos casos, aparece el concepto de fuerza máxima voluntaria (FMV) como la máxima resistencia que es capaz de levantar o mover el sujeto.

El estándar de la fuerza máxima voluntaria es la máxima repetición, abreviada como 1RM, la cual implica el siguiente proceso:

1. Un calentamiento de 5-10 minutos
2. 5 a 10 repeticiones con el 40-60% del máximo percibido.
3. Descanso de 1 – 3 minutos con ligeros estiramientos.
4. 3 – 5 repeticiones con pesos entre 60-80% del máximo.
5. Añadir una pequeña cantidad de peso e intentar movilizar la carga. Si no lo logra, esta carga es la fuerza máxima voluntaria. Si lo logra, continuar con el siguiente paso.
6. Descansar 3 – 5 minutos y repetir el paso 5, es decir, añadir una pequeña carga e intentar moverla.

Para investigaciones, el protocolo indicado es 1RM, pero para condiciones de desarrollo normal de gimnasios y actividades encaminadas a la salud, existen fórmulas que usando las repeticiones que puede hacer con una determinada carga, calculan la fuerza máxima voluntaria. Estos procedimientos obviamente conllevan muchos factores de error.

Es importante destacar que los máximos representan el valor base sobre el cual se construye cualquier entrenamiento con pesas, ya que una vez calculado el propio máximo, el dato y sus porcentajes pueden aprovecharse para programar los entrenamientos según los objetivos predefinidos como son:

- Desarrollo de fuerza explosiva
- Aumento de fuerza rápida
- Aumento de la velocidad
- Tonificación
- Aumento de la masa muscular, etc.

Se puede utilizar la ecuación de Epley para el cálculo del RM:

TABLA N° 2

ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE 1RM A PARTIR DE LAS REPETICIONES REALIZADAS CON UNA DETERMINADA CARGA

Repeticiones	% con respecto a la máxima	Autor	Determinación de 1 RM
1 RM	100%	Epley (1995)	(0.0333 * kilos * repeticiones) + kilos

Autor: McDonagh y Davies (1984)

6.5.4 Fase de fuerza explosiva

Esta fase se sitúa al final de la etapa general y al inicio de la etapa específica. El objetivo fundamental es aprovechar los niveles logrados de fuerza máxima y convertirlos en fuerza explosiva, primero general y seguidamente específica (con métodos específicos de cada deporte). La conversión de fuerza máxima a fuerza explosiva necesita no más de 4-5 microciclos, debido a que los métodos para desarrollar una y otra se basan en una sincronización adecuada de los diferentes grupos musculares implicados y en el reclutamiento de unidades motoras rápidas (Hainaut, 1989).

6.6 Reclutamiento de Fibras Musculares

En lo referente al reclutamiento de las fibras musculares, es importante conocer que solo 2/3 del total de las mismas que componen un músculo pueden ser inervadas mediante la voluntad, sin embargo existe un mayor reclutamiento de fibras en personas entrenadas como también una mayor frecuencia de estímulos desde el sistema nervioso central. La frecuencia e intensidad de los estímulos, determinan la excitación de un número mayor de fibras musculares, además las fibras musculares son reclutadas en orden inverso a su velocidad de contracción, es decir, las que primero son reclutadas son las de tipo I, a continuación las IIa y por último las IIb.

Las fibras tipo II se reclutan principalmente durante ejercicios de muy alta intensidad y de corta duración, ya que son fácilmente fatigables, mientas que las de tipo I son las que actúan durante ejercicios de intensidad baja y larga duración, ya que su resistencia a la fatiga es muy alta.

6.6.1 Reclutamiento de fibras e Intensidad del ejercicio

Se sabe que la velocidad de conducción del impulso nervioso que recorre una unidad motora, es decir la motoneurona y las fibras musculares correspondientes, y que inerva a una fibra tipo I es más lenta que la que recorre una fibra e tipo IIb (Pette, 1999).

La que determina las características de la fibra muscular de finalmente es la motoneurona. Cuando se invierten experimentalmente las motoneuronas (inervación cruzada), una fibra lenta, ahora gobernada por una motoneurona rápida, se convertirá en una fibra de contracción rápida. De manera que sus características están invertidas, con menos mitocondrias, menos capilares alrededor de cada fibra y menos mioglobina, pero más proteínas contráctiles (Actina, Miosina). De esta manera, todas las fibras musculares inervadas por la misma motoneurona tiene la misma tipología.

Resulta fundamental señalar que el número de fibras musculares por motoneurona condicionará el grado de fineza y precisión de un movimiento. Por ejemplo, en los músculos oculares externos existen cinco fibras musculares por motoneurona frente a las mil o más de los músculos temporales.

Por otro lado las fibras musculares de una sola unidad motora pueden estar repartidas por todo el músculo. Para inervarlas, una motoneurona se divide en numerosas colaterales, al igual que para las fibras musculares, se distinguen unidades motoras de contracción lenta.

TABLA N° 3

CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES EN EL HOMBRE

Características	Fibras Tipo I	Fibras tipo IIa	Fibras tipo IIb
Diámetro	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Grosor de línea Z	Gruesa	Intermedia	Estrecha
Contenido de glucógeno	Moderado	Moderado -Elevado	Moderado -Elevado
Resistencia a la Fatiga	Alta	Intermedia	Baja
Tiempo de contracción	< 30ms	30 – 100 ms.	100 ms. y más
Tétanos perfecto	20 x seg.	50 x seg.	100 x seg.
Números de capilares por fibra	Alto	Alto	Bajo
Contenido de mioglobina	Elevado	Elevado	Escaso
Velocidad de contracción	Lenta	Rápida	Rápida
Actividad ATPásica	Baja	Elevada	Elevada
Actividad de enzimas glucogenolíticas	Baja	Elevada	Elevada
Actividad de enzimas mitocondriales	Elevada	Baja	Baja
Sistema Energético Predominante	Aeróbico	Mixto	Anaeróbico

Fuente: Tomado de Billat

6.6.1.1 Electroestimulación en el reclutamiento de fibras musculares

Es preciso indicar que existen diversas modalidades de electroestimulación, la neuroestimulación eléctrica transcutánea convencional (TENS), utiliza una corriente de frecuencia moderada a alta de 40 a 150 Hz y de 50 a 100 µseg de anchura de pulso, normalmente a baja intensidad para estimular las fibras sensitivas.

El Compex es un método moderno que utiliza una corriente rectangular bifásica simétrica con una frecuencia leve a alta de 1 a 150 Hz y de 50 a 400 µseg de anchura de pulso de moderada a alta intensidad para estimular fibras motoras y sensitivas, aplicadas para reforzamiento muscular para tratar o prevenir amiotrofias. La corriente rectangular está caracterizada por un único impulso rectangular, que cambia rápidamente del valor nulo al valor máximo de la intensidad establecida, con una duración de contracción igual a la duración del impulso, con un tiempo de pausa correspondiente al tiempo en el que se verifica el recupero muscular. La forma

rectangular del impulso es responsable de la contracción muscular, la duración del impulso determina una contracción selectiva de las fibras denervadas y la polaridad alternada evita cualquier fenómeno de ionización del cutis. El programa cambia en función de la amplitud de impulso y de la duración del reposo. La cantidad de fibras reclutadas depende directamente de la potencia eléctrica del aparato. Ésta es una de las características únicas del Compex, un generador potente con impulsos que alcanzan hasta 120 mA, así permite un reclutamiento de fibras musculares sin riesgo de quemadura ni lesión.

La neuroestimulación eléctrica transcutánea convencional (TENS) tipo acupuntura (acupuntura TENS) emplea una corriente de baja frecuencia de 0,5 a 10 Hz y una anchura de pulso > 150 µseg de alta intensidad para estimular tanto las fibras motoras como las sensitivas, fue creada para disminuir el malestar del paciente.

Por otra parte, la estimulación con corriente interferencial clásica emplea de forma simultánea dos corrientes de pulso bifásicas no moduladas utilizadas con dos conjuntos de electrodos que poseen cuatro polos eléctricos, una corriente se programa a unos 4 000 Hz y la otra generalmente oscila entre 4000 y 4100 Hz la superposición de las dos corrientes da lugar a una nueva frecuencia que fluctúa entre 1 y 100 Hz (Wadsworth 1980).

Además, la estimulación con corriente interferencial modulada utiliza corrientes dirigidas entre dos polos eléctricos y efectúa una suma vectorial de las corrientes en el tejido, con una frecuencia portadora de unos 4000 Hz, una frecuencia de pulsación de 80 Hz y una frecuencia de modulación entre 0 y 150 Hz. La frecuencia efectiva está dada por la suma de las frecuencias de pulsación y de modulación, y oscila entre 80 y 230 Hz, sin embargo la alta frecuencia de las corrientes portadoras en la estimulación con corriente interferencial produce una impedancia considerablemente inferior de la piel y el tejido subcutáneo en comparación con la neuroestimulación eléctrica transcutánea convencional (TENS), y minimiza el malestar del paciente. Por último, la electroestimulación con pulsos aplica una corriente de alta frecuencia de 100 Hz y una anchura de pulso de 640 a 1800 µseg, se suelen utilizar prendas flexibles en la rodilla provistas de electrodos y un generador a batería, esto permite extender la duración de las aplicaciones a varias horas en lugar de 15 a 60 minutos, como es el caso de muchas de las modalidades antes descritas.

La electroestimulación se utiliza ampliamente, y con fundamento, en rehabilitación en general y especialmente en la de los deportistas lesionados. Es muy eficaz en la prevención y el tratamiento de la amiotrofia y es indispensable su instauración precoz.

Las corrientes más utilizadas son las de baja frecuencia bifásicas compensadas simétricas. Permiten un reclutamiento espacial importante y al ser corrientes cuyo valor medio es nulo, pueden ser utilizadas sin problemas con material de osteosíntesis.

Los parámetros principales de regulación son: La amplitud del impulso en relación con la cronaxia de los nervios motores de los músculos que se deben estimular; la frecuencia, factor de reclutamiento temporal del músculo. Está en relación con el tipo de fibras musculares y su frecuencia de tetanización. Dependiendo del tipo de fibras que se estimulen (tipos I o II), las frecuencias se distribuyen de 35 a 70 Hz.

Un estudio realizado por Thepaut Mathieu ha demostrado que la fatiga provocada por la EEM, más importante a 80 Hz que a 30 Hz, no parecía deberse a una excitación preferente de las fibras II, sino a un número de estímulos 2,6 veces superior.

La intensidad: está en relación con el reclutamiento espacial del músculo. Cuanto más elevada sea la intensidad, mayor será el número de fibras reclutadas. La eficacia de la EEM depende directamente de la posibilidad de utilizar intensidades cercanas al máximo. La intensidad depende de la capacidad del músculo para resistir las tensiones impuestas por la contracción electroinducida.

Es muy importante localizar de forma precisa el punto motor del músculo, factor de optimización de la intensidad (mejor eficacia de contracción para una intensidad dada); hay que evitar tratar al músculo en su estado más corto, para no provocar calambres musculares.

6.6.1.2 Miofeedback

Los aparatos de miofeedback o de EMG biofeedback se basan en el análisis de la señal eléctrica de la contracción muscular. Hay que hacer tomar conciencia al paciente de la importancia de la contracción muscular para que participe activamente con el fin de aumentar el reclutamiento de las unidades motoras. La información dada al sujeto puede ser auditiva o visual. Esta última puede realizarse a través de columnas luminosas, datos numéricos o mediante una curva en el monitor. Algunos aparatos permiten visualizar sobre la misma pantalla las curvas obtenidas a partir de un sensor dinamométrico o datos numéricos en microvoltios/segundos.

El miofeedback también puede asociarse con la EEM de distintas maneras. El miofeedback es útil a lo largo de toda la rehabilitación; sobre todo al principio para prevenir los bloqueos y la amiotrofia.

CAPÍTULO VII

ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL EMG RETRAINER

7.1 Aplicación

Las técnicas electrofisiológicas nos permiten obtener de forma relativamente sencilla información muy valiosa sobre la actividad neuromuscular. En clínica, estas técnicas se suelen concretar en dos: la neurografía y la electromiografía de aguja. La primera permite estudiar el potencial de respuesta de una rama nerviosa sensitiva, motora o mixta sometida a un estímulo eléctrico aplicado sobre la superficie. La segunda posibilita el registro directo y preciso de la actividad eléctrica del músculo estudiado, tanto en reposo como en los intentos de contracción máxima.

Otra técnica de registro de la actividad eléctrica del músculo es la electromiografía de superficie (EMGS), que ofrece otras ventajas y aplicaciones, tanto en investigación como en la práctica clínica. En la presente revisión se presentan detalles de esta técnica así como sus aplicaciones principales en el momento actual.

El EMG Retrainer mide y cuantifica el movimiento muscular, mostrando los resultados claramente en una pantalla de cristal líquido (LCD) fácil leer. Extremadamente sensible, el EMG Retrainer puede ser programado para evaluar la actividad de los músculos sanos y dañados. Esta unidad de doble canal está diseñada para monitorear continuamente la actividad muscular, proporcionar retroalimentación visual y de audio, al tiempo que permite el logro de los objetivos establecidos en la terapia. La actividad muscular en el EMG retrainer va de 0 a 1000 microvoltios/ segundo.

7.2 Características

El EMG Retrainer, posee ciertas características, las mismas que serán indicadas a continuación:

- Sistema de menús basados en la fácil y rápida puesta en marcha
- Almacenamiento de información de configuración para un máximo de ocho protocolos
- Los objetivos se pueden ajustar manualmente, por la actividad muscular específica, o por la actividad muscular media dentro de un tiempo establecido.
- La función de zoom se concentra en la actividad en torno a la meta.
- Fácilmente ajustable flip-pantalla de LCD
- Una almohadilla de silicona tacto
- Tamaño de la palma, peso ligero y portátil
- Electrodos autoadhesivos
- Dos canales sensitivos
- Utiliza dos pilas doble A (incluido).

7.3 Interpretación de datos

Dentro de los hallazgos anormales se determina que van de 50 a 500 microvoltios (µV), dado que la membrana celular muscular está inestable por denervación, además por inflamación, alteraciones electrolíticas locales, amiotrofia y activación muscular baja. Inferior a los 500 microvoltios (µV) es un rango de reclutamiento muscular medio bajo a bajo dependiendo del porcentaje, si el rango aumenta diríamos que existe una media o alta cantidad de fibras musculares activas.

En los deportistas a los que se les realiza una evaluación por medio del EMG retrainer, se toma en cuenta que solo la activación muscular se puede determinar por medio de una contracción isométrica y no un análisis de la fuerza en un gesto motor porque se involucran otros datos que no determinan el reclutamiento de fibras musculares. Dicha contracción isométrica debe ser realizada durante 5 segundos para no perder los datos auténticos antes de la fatiga muscular, de tal manera la contracción isométrica no sobrepasara el 80% de actividad muscular.

Dado que las fibras tipo 1 se activan en una contracción muscular ligera y la cantidad de fibras va desde 1 a 40% de activación muscular, las fibras tipo 2A se activan en una contracción moderada van de 40 a 80%, las fibras 2B van de 80 al 100% de activación en una contracción máxima del músculo e interviene la fuerza máxima del paciente adquirida en un largo periodo de reentrenamiento deportivo.

Por ello en los datos obtenidos del EMG retrainer se registrara la activación muscular constante que son las fibras musculares activas y también la activación máxima, esta será momentánea no duradera porque las fibras musculares reclutadas están por activarse, no totalmente activas.

Si en el EMG retreiner existe una activación muscular constante entre 50 a 500 microvoltios existe activación de las fibras musculares baja (posible amiotrofia), entre 500 a 650 microvoltios existe activación de las fibras musculares media, entre 650 a 800 microvoltios encontramos activación de las fibras musculares alta.

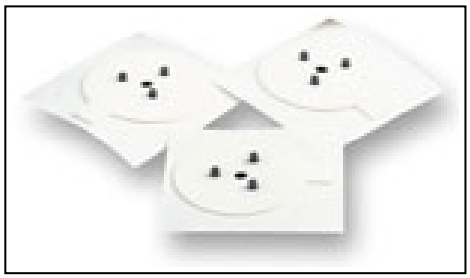
GRÁFICO N° 51

EMG RETRAINER

Fuente: webideas.com/.../store/prod_emgretrainer.shtml

GRÁFICO N° 52

ELECTRODOS



Fuente: webideas.com/.../store/prod_emgretrainer.shtml

8. METODOLOGÍA

8.1 Tipo de estudio

El diseño metodológico para el desarrollo de la investigación será de carácter descriptivo y analítico prospectivo.

> Los estudios descriptivos están dirigidos a determinar cómo es o como está la situación de las variables que se estudian en una población, la presencia o ausencia de algo, la frecuencia con que ocurre un fenómeno (prevalencia o incidencia), y en quienes, dónde y cuándo se está presentando determinado fenómeno[6].

También es un estudio analítico porque se evaluarán asociaciones entre exposiciones e identificando los resultados de interés, dentro de este tipo de estudio se hará un caso-control en el que se identifican personas con una condición (casos), se identifican sujetos adecuados para la comparación (controles), de carácter prospectivo ya que se analizaran con posterioridad al inicio del estudio y así pueden incluirse los casos nuevos que se detecten durante cierto tiempo establecido previamente.

8.2 Universo

Son todos los pacientes que presentan distensión del ligamento colateral interno grados 1 y 2; con amiotrofia de cuádriceps entre 18 y 33 años de edad en los meses enero, febrero, marzo y abril del 2011 en la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral “Asofisio”.

8.3 Muestra

La muestra es el mismo número de pacientes que conforman el universo y que cumplan con los criterios de inclusión.

---

[6] Pineda, E. (1994). Metodología de la investigación (2ª Ed.). Organización Panamericana de la Salud

Criterios de inclusión

- Edad entre 18 y 33 años.
- Presentan amiotrofia de cuádriceps.
- Pacientes con distensión del LCI grados 1 y 2.
- Aceptación de participar en el estudio mediante autorización escrita.

Criterios de exclusión

- Quienes no cumplieron con los criterios de inclusión propuestos.
- Quienes posean un proceso degenerativo de rodilla u otra lesión que no sea relacionada con el LCI.
- Pacientes que estén realizando rehabilitación post operatoria por lesión de rodilla.
- Mujeres embarazadas.
- Pacientes que no aceptaron participar en el estudio.

8.4 Fuentes

La fuente primaria de información serán los datos obtenidos en el EMG (Electromiografia superperficial), acerca de las fibras musculares activas en el proceso de aplicación de las técnicas en los pacientes de estudio.

Además se utilizaran fuentes secundarias presentes en el marco conceptual con trabajos realizados por profesionales que sustentan el trabajo de investigación, así como Libros, revistas de especialización, trabajos monográficos relacionados con el tema. Como fuente terciaria será el internet.

8.5 Técnica

La técnica empleada será la medición del reclutamiento de fibras musculares mediante el EMG retrainner y la medición del perímetro muscular mediante una cinta métrica para determinar la amiotrofia.

8.6 Instrumentos

El instrumento empleado será listas de cotejo que consiste en una evaluación inicial y final acerca de los datos de perímetro muscular y obtenidos de la actividad muscular del EMG retrainer.

8.7 Equipo

- Hoja de Evaluación Inicial y Final
- Lápiz dermatográfico
- Cinta métrica
- Pesas de velcro
- EMG retrainer

8.8 Descripción del procedimiento aplicado

Todos los sujetos que cumplieron con los criterios de inclusión propuestos fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los grupos de estudio. Tanto los sujetos del grupo caso (compex y trabajo concéntrico), en cuanto los controles (trabajo concéntrico exclusivo), fueron sometidos a una evaluación de base, que comprendió la medición del perímetro muscular de los muslos bilateral, para determinar la amiotrofia; y medición de la actividad muscular mediante la electromiografía superficial.

Se aplicaron un total de 5 sesiones semanales, cada una de 60 minutos, por un lapso de dos semanas, realizándose además de la evaluación inicial descrita, y una evaluación al finalizar la segunda semana.

Cada una de las personas previo a su ingreso al presente protocolo de investigación fue informado sobre los riesgos, beneficios y alcances de la técnica de rehabilitación a ser aplicada, así como de los objetivos metas y alcances de la presente investigación, aclarando la posibilidad de abandonar el estudio si así lo decidiese, solicitándose su consentimiento informado por escrito.

La presente investigación contó con los materiales y equipos de la Unidad Docente de Rehabilitación Física “Asofisio”: un EMG retrainer (Electromiografia

superficial), una cinta métrica (perímetro muscular), dos Compex (Electroestimulador), camillas, Pesas de 1, 2, 3, 4 libras

Los datos del presente estudio fueron recolectados en un formulario específico creado para el efecto.

8.8.1 Valoración del perímetro muscular

Mediante la utilización de la cinta métrica se puede tomar datos en centímetros de la amiotrofia a nivel de muslo.

La cinta métrica debe ser metálica flexible, para que permita colocarla suavemente sobre la superficie de la piel y no pierda su longitud por estiramiento, de modo firme, pero sin presionar la piel para no obtener resultados alterados, ya que al ejercer presión con la cinta métrica se obtienen valores menores a los reales. Se recomienda realizar la misma medición dos veces para confirmar el resultado con técnica cruzada.

Técnica

- Paciente en decúbito supino, en posición cómoda.
- Paciente con ropa ligera (pantaloneta o short).
- Para valorar el muslo se toma como referencia el borde superior de la rótula, que se lo ubica mediante la palpación y se coloca una marca visible.
- Seguidamente se coloca la cinta métrica a lo largo del muslo sobre su cara anterior, desde el borde superior de la rótula hasta el tercio superior del muslo y se procede a marcar con lápiz dermatográfico cada 5 centímetros, hasta llegar a 25 centímetros dependiendo de la longitud del muslo del paciente.
- Se pasa la cinta alrededor del muslo sobre el nivel de cada marca y se realiza la medición del perímetro.
- Se inicia valorando el miembro inferior afectado y luego se mide el perímetro muscular del otro miembro inferior y de este modo se cuantifica en centímetros la diferencia en el trofismo muscular.

8.8.2 Valoración de la actividad muscular con el emg retrainer (electromiografía superficial)

Se utilizó el EMG retrainer que es una electromiografía superficial que cuantifica la actividad muscular en Microvoltios/ Tiempo.

Dentro de las funciones de programación se utilizó “Músculo” que cuantifica una lectura instantánea de la actividad en los músculos entre 0 a 100 µV (microvoltios). Este nivel se establece con un valor que registra el 100% de dicha actividad.

De los dos canales (A y B) que se colocan al paciente mediante electrodos se utilizó el canal A.

Se recolecto la información de inicio y final correspondiente al reclutamiento de fibras musculares mediante un formulario previamente elaborado.

Técnica

- Paciente en decúbito supino, en posición cómoda.
- Paciente con ropa ligera (pantaloneta o short).
- Se utiliza 1 electrodo circular, adhesivo y desechable de 6.35 centímetros de diámetro que se fija a la piel del paciente sobre el músculo a examinar, de la siguiente manera:

  Recto anterior. El electrodo debe colocarse a la mitad de la línea de la espina iliaca anterior y superior a la parte superior de la rótula.

  Vasto interno. El electrodo debe colocarse perpendicular a la línea entre la espina iliaca anterior superior y el espacio articular por delante del borde anterior del ligamento medial, en el tercio distal del cuádriceps.

  Vasto externo. El electrodo debe colocarse en el tercio medio en la línea de la espina iliaca anterior y superior a la parte lateral de la rótula en dirección de las fibras musculares.
- El paciente relajado no registra ninguna actividad muscular al suceder esto se le pide que realice extensión de rodilla, empujando su rodilla hacia la parte posterior, esta contracción isométrica registrará las fibras musculares activas o

reclutadas, durante 5 segundos, después de ello no se prolonga más la contracción dado que el músculo se fatiga y los datos se observan alterados.

- En la pantalla de cristal líquido (LCD) se obtendrán los valores a considerar, la actividad constante es el dato que cuantifica el reclutamiento de fibras musculares, mientras que la actividad límite son las fibras musculares que requieren activarse pero no contienen el estímulo o ejercicio para su activación total.

8.8.3 Electroestimulación con compex

Técnica (aplicada solo en el grupo caso)

Paciente en decúbito supino, en posición cómoda, recostado en la camilla.

Se utilizan 3 electrodos. 1 grande (5x10 centímetros) negativo adosado a la piel del paciente sobre el muslo afectado a nivel del tercio proximal del fémur. Se conecta a los cables diferenciados por el color negro, los dos cables negativos se unen por los extremos en este electrodo y 2 electrodos pequeños (5x5 centímetro) activos; de similar manera adosados sobre la piel a nivel del vientre muscular de los vastos interno y externo respectivamente, el que se conecta a los cables de color rojo, específico del canal que se está usando. Cada cable positivo o de color rojo tiene un electrodo independiente.

Se selecciona en el menú el programa “Deporte”, dentro del cual existe el sub programa “Fuerza”. El tiempo de aplicación es de 25 minutos aproximadamente, el mismo que incluye calentamiento, trabajo y recuperación; la aplicación de este sistema se lo realiza una vez por día, cinco veces por semana y conjuntamente el paciente realiza trabajo concéntrico del cuádriceps.

Una vez seleccionado el programa se inicia el aumento progresivo en la intensidad de la electroestimulación a tolerancia de cada paciente, sin que produzca dolor o incomodidad.

8.8.4 Trabajo concéntrico

Técnica (aplicada en grupo caso y grupo control)

Paciente sentado sobre una silla, apoyando el pie sobre el piso con la rodilla en flexión de 90º.

El paciente realiza la extensión de la rodilla, lo que producirá contracción del cuádriceps; inicialmente este trabajo será activo libre, luego el peso será progresivo y variará según la fuerza muscular de cada paciente. Lo que permitirá aplicar una resistencia externa a nivel del tobillo de 1 libra y aumentar progresivamente 1 libra por día hasta llegar a 8 libras. El trabajo será de 2 series de 30 repeticiones; el tiempo de descanso entre serie y serie es de 20 segundos.

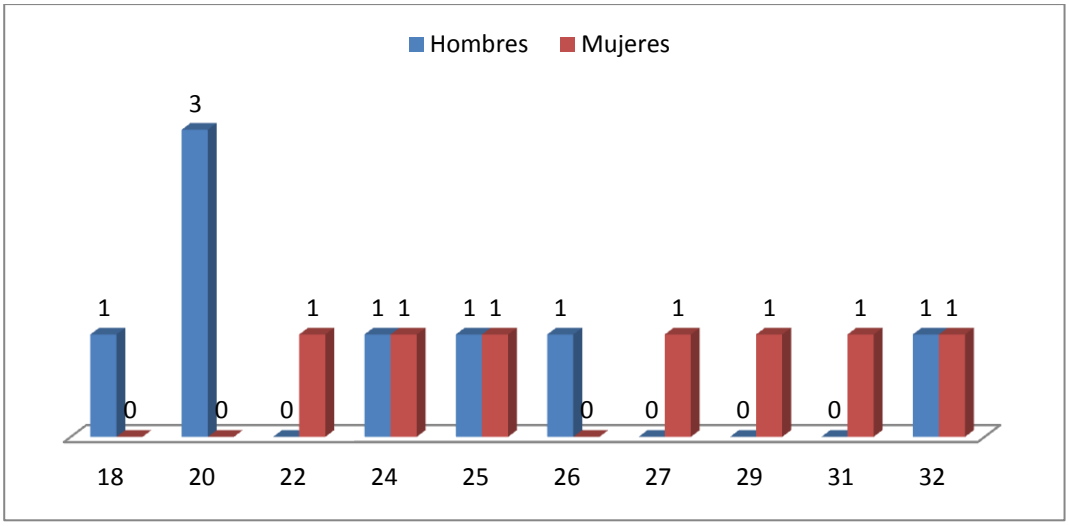
9. PRESENTACION Y ANÁLISIS DE DATOS

9.1 GRUPO CASO

9.1.1 Edad y Sexo

GRÁFICO N° 53

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EDAD Y AL SEXO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

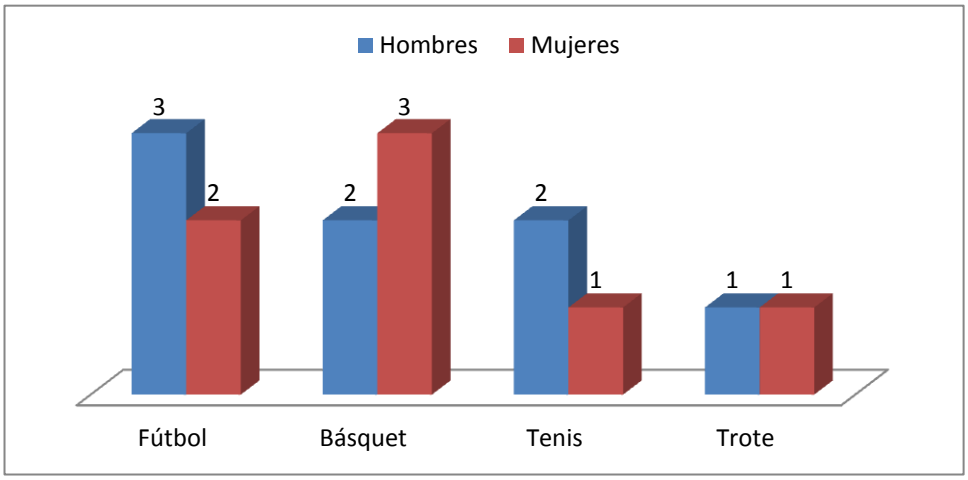
Fueron 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 32 años, 8 hombres (53.3%) y 7 mujeres (46.7%), por lo tanto la distribución por género es equitativa. Con un ligero predominio del género masculino.

En un estudio realizado por Chandy en 130 escuelas secundarias en la especialidad de base ball, que agrupó 24 458 estudiantes masculinos y 18 289 femeninas, las fracturas y las distensiones estuvieron presentes en el 42% de los varones, mientras que las mujeres sufrieron luxaciones y esguinces en el 58%.

9.1.2 Actividad deportiva en relación al género

GRÁFICO N° 54

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVIDAD DEPORTIVA Y AL SEXO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 32 años; que 5 practican futbol (33.3 %), 3 hombres y 2 mujeres; 5 practican básquet (33.3%), 3 mujeres y 2 hombres; 3 practican tenis (20%), 2 hombres y 1 mujer; trote (13.4%), 1 hombre y 1 mujer.

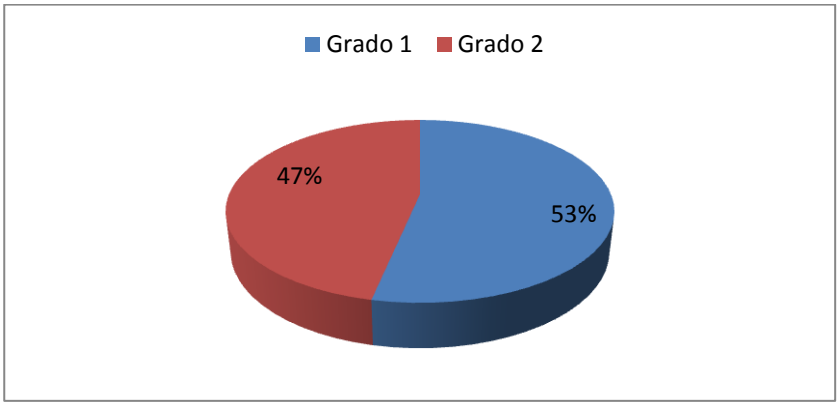
Estos datos nos indican que existe mayor incidencia de distensión del ligamento colateral interno (DLCI) en los deportes de futbol y básquet, seguidos por el tenis y el trote con una diferencia leve entre ambos, siendo el futbol donde se lesionan más hombres y el básquet más mujeres con una diferencia de un individuo en estas dos actividades deportivas.

Se ha demostrado que en los deportes de salto, carrera y rotación, el sitio más afectado son los miembros inferiores, de ellos el 90% en orden de frecuencia corresponden según Garrick a contusiones, distensiones y esguinces. En los deportes de colisión como el balompié, el rugby y el baloncesto, el 63,9% de las lesiones correspondieron a los tejidos blandos, de ellos el 52,8% en el miembro inferior derecho.

9.1.3 Distensión del Ligamento Colateral Grado 1 y Grado 2

GRÁFICO N° 55

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL GRADO DE DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"

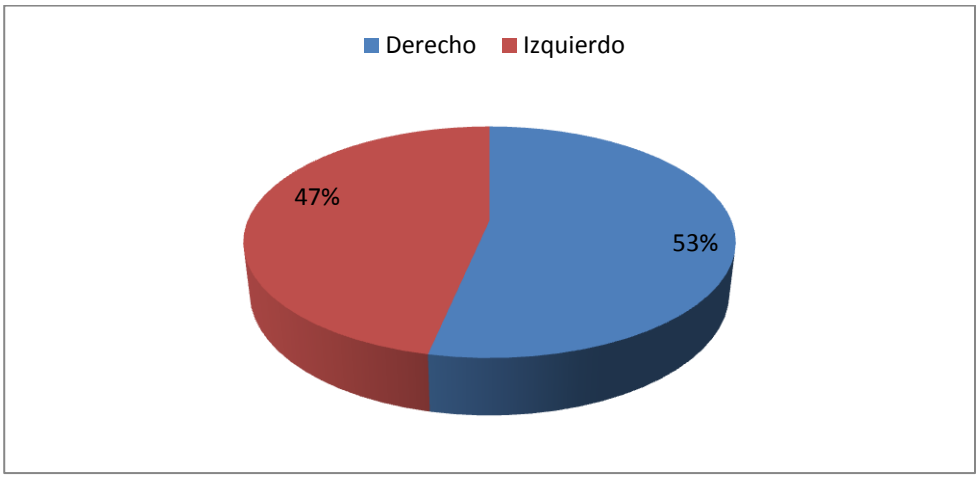
con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 32 años, que del total de deportistas en los cuales se realizó el análisis 8 de ellos poseen distención grado 1 que corresponde 53% y los 7 restantes presentan distención grado 2 que abarca el 47%. Con un número de pacientes sin mayor diferencia entre ambas distensiones.

En el equipo de fútbol Santa Fe DC durante un año de seguimiento epidemiológico sistematizado estricto, se encontró que de un total de 300 consultas el 78% correspondieron a lesiones o problemas derivados de la práctica del deporte. Cerca del 5% correspondieron a lesiones del LCI en todos sus grados, siendo más comunes las de primer grado, mientras que las lesiones del LCE fueron solo del 0.5%. La probabilidad de que un jugador tenga una lesión del LCI en un período de un año del 0.26. Es decir que la cuarta parte de los jugadores sufrirán algún grado de lesión del LCI.

9.1.4 Miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno

GRAFICO N° 56

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL LADO DEL MIEMBRO INFERIOR CON DISTENSION DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DEL GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACION INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio", 8

de ellos poseen distención del ligamento colateral interno en su miembro inferior derecho, correspondiente al 53%; mientras que 7 en su miembro inferior izquierdo, correspondiente al 47%. Por lo que se puede observar que existe una proporción equitativa con una diferencia leve del predominio del lado derecho.

9.1.5 Amiotrofia

TABLA N° 4

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EVALUACIÓN INICIAL DEL PERÍMETRO MUSCULAR DEL VASTO INTERNO EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

AMIOTROFIA EN VASTO INTERNO	Diferencia con perímetro muscular de muslo sano	Cantidad de pacientes casos
	De 3 cm a 4 cm	8 (53 %)
	De 2 cm a 3 cm	5 (34 %)
	De 1 cm a 2 cm	2 (13 %)

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; 8 tienen una diferencia entre su muslo con distensión del ligamento colateral interno (lesionado) de 3 cm a 4 cm en relación con su lado contrario (muslo sano), correspondiente al 53%; mientras que 5 poseen una diferencia de 2 cm a 3 cm, correspondiente al 34%; y 2 poseen una diferencia de 1 cm a 2 cm, correspondiente al 13 %.

De tal forma se analiza que existe amiotrofia muscular en todos los pacientes, predominando la diferencia de 3 cm a 4 cm (53%) siendo una amiotrofia evidente; la diferencia de 2 cm a 3 cm (34%) es una amiotrofia considerable; mientras que la diferencia de 1 cm a 2 cm (13%) en una amiotrofia leve.

TABLA N° 5

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EVALUACIÓN FINAL DEL PERÍMETRO MUSCULAR DEL VASTO INTERNO EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

AMIOTROFIA EN VASTO INTERNO	Diferencia con perímetro muscular de muslo sano	Cantidad de pacientes casos
	De 3 cm a 4 cm	8 (53 %)
	De 2 cm a 3 cm	5 (34 %)
	De 1 cm a 2 cm	2 (13 %)

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; de la evaluación inicial a la evaluación final la amiotrofia no ha aumentado, ni disminuido dado que no es la etapa de hipertrofia muscular sino la etapa inicial de fortalecimiento en la que no aumenta el volumen muscular.

9.1.6 Evaluación inicial electromiografía superficial (EMG retrainer)

TABLA N° 6

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 1 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
80 a 150 µV/s	Máxima	0	0	1
	Constante	2	1	2
150 a 300 µV/s	Máxima	2	2	3
	Constante	3	2	4
300 a 500 µV/s	Máxima	6	6	4
	Constante	3	5	2

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 8 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso con DLCI grado 1 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación inicial con el EMG retrainer, la actividad constante del vasto interno es muy baja (80 a 150 µV/s) en 2 deportistas, al igual que 2 deportista en el recto anterior y 1 en el vasto externo, por lo que hay poca activación muscular evidente; también existe activación constante baja (150 a 300 µV/s) en 3 deportistas en el vasto interno, 2 en el vasto externo y 4 en el recto anterior, por lo que existe una amiotrofia considerable; también existe activación constante media baja (300 a 500 µV/s) en 3 deportistas en el vasto interno, 5 en el vasto externo y 2 en el recto anterior, por lo que existe una amiotrofia leve.

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno fue muy baja (80 a 150 µV/s) en ningún deportista, al igual que en el vasto externo y 1 deportista en el recto anterior, por esto las fibras musculares por activarse son precarias en dicho

caso; también existe activación máxima baja (150 a 300 µV/s) en 2 deportistas en el vasto interno, 2 en el vasto externo y 3 en el recto anterior, por lo que existe una cantidad considerable de fibras musculares por activarse; también existe activación máxima media baja (300 a 500 µV/s) en 6 deportistas en el vasto interno, 6 en el vasto externo y 4 en el recto anterior, por lo que puede haber un reclutamiento de fibras musculares mayor en dichos deportistas

TABLA N° 7

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 2 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
80 a 150 µV/s	Máxima	1	1	2
	Constante	4	2	3
150 a 300 µV/s	Máxima	3	3	3
	Constante	3	5	4
300 a 500 µV/s	Máxima	3	3	2
	Constante	0	0	0

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 7 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso con DLCI grado 2 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación inicial con el EMG retrainer, la actividad constante del vasto interno es muy baja (80 a 150 µV/s) en 4 deportistas, al igual que 3 deportista en el recto anterior y 2 en el vasto externo, por lo que hay amiotrofia evidente en dichos pacientes; también existe activación constante baja (150 a 300 µV/s) en 3 deportistas en el vasto interno, 5 en el vasto externo y 4 en el recto

anterior, por lo que existe una amiotrofia considerable; no existió una activación constante media baja (300 a 500 µV/s).

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno fue muy baja (80 a 150 µV/s) en 1 deportista, al igual que en el vasto externo y 2 deportista en el recto anterior, por esto las fibras musculares por activarse son precarias en dichos casos; también existe activación máxima baja (150 a 300 µV/s) tanto en 3 deportistas en el vasto interno, vasto externo y recto anterior, por lo que existen una cantidad considerable de fibras musculares por activarse; también existe activación máxima media baja (300 a 500 µV/s) en 3 deportistas en el vasto interno, 3 en el vasto externo y 2 en el recto anterior, por lo que puede haber un reclutamiento de fibras musculares mayor en estos deportistas.

9.1.7 Evaluación final electromiografía superficial (EMG retrainer)

TABLA N° 8

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 1 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
350 a 500 µV/s	Máxima	0	0	0
	Constante	0	1	1
500 a 650 µV/s	Máxima	1	1	4
	Constante	3	1	4
650 a 900 µV/s	Máxima	7	7	4
	Constante	5	6	3

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 8 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso con DLCI grado 1 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación inicial con el EMG retrainer, la actividad constante de 350 a 500 µV/s fue en un deportista en el vasto externo y en 1 en el recto anterior, lo que denota una actividad muscular media baja; entre 500 a 650 µV/s en 3 deportistas, al igual que 4 deportista en el recto anterior y 1 en el vasto externo, por lo que existe actividad muscular notoria; también existe activación constante de 650 a 900 µV/s en 5 deportistas en el vasto interno, 6 en el vasto externo y 3 en el recto anterior, por lo que existe una positiva activación muscular.

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno de 500 a 650 µV/s 1 deportista, al igual que en el vasto externo y 4 deportista en el recto anterior, por esto las fibras musculares por activarse esta en un nivel medio; también existe activación máxima media alta entre 650 a 900 µV/s en 7 deportistas en el vasto interno, 7 en el vasto externo y 4 en el recto anterior, por lo que existen una cantidad alta de fibras musculares por activarse. Esto evidencia considerables cambios dentro de la evaluación inicial y la evaluación final.

TABLA N° 9

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 2 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
350 a 500 µV/s	Máxima	0	0	0
	Constante	2	2	3
500 a 650 µV/s	Máxima	3	3	3
	Constante	4	4	2
650 a 900 µV/s	Máxima	4	4	4
	Constante	1	1	2

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011

Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 7 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso con DLCI grado 2 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral “Asofisio”; que se les realizo una evaluación final con el EMG retrainer, la actividad constante de en 2 deportistas en el vasto interno media baja entre 350 a 500 µV/s) en 3 deportistas el recto anterior y 2 en el vasto externo, lo que denota una actividad muscular media baja; entre 500 a 650 µV/s en 4 deportistas, al igual que 2 deportista en el recto anterior y 4 en el vasto externo, por lo que existe actividad muscular notoria; también existe activación constante de 650 a 900 µV/s en 1 deportistas en el vasto interno, 1 en el vasto externo y 2 en el recto anterior, por lo que existe una positiva activación muscular.

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno de 500 a 650 µV/s 3 deportista, 3 en el vasto externo y 3 deportista en el recto anterior, por esto las fibras musculares por activarse esta en un nivel medio; también existe activación máxima media alta entre 650 a 900 µV/s en 4 deportistas en el vasto interno, 4 en el vasto externo y 4 en el recto anterior, por lo que existen una cantidad alta de fibras musculares por activarse.

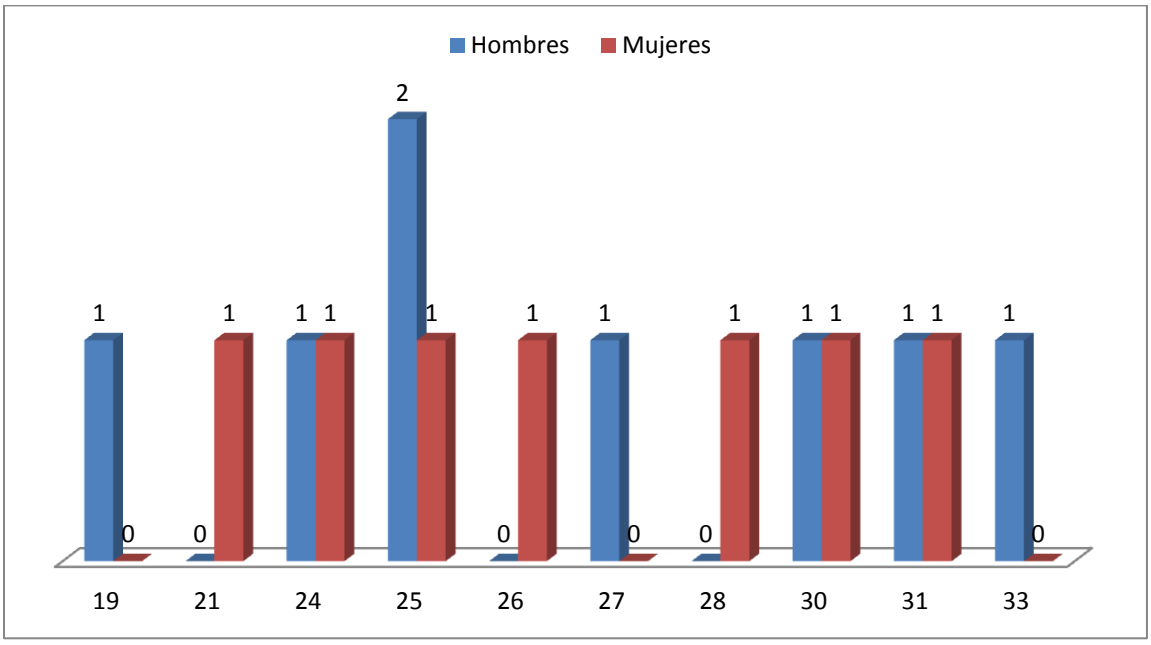
Esto evidencia considerables cambios dentro de la evaluación inicial y la evaluación final por medio de la técnica de ejercicio concéntrico mas electroestimulación muscular aplicada en pacientes con distensión del ligamento colateral interno para el reclutamiento de fibras musculares.

9.2 PACIENTES CONTROL

9.2.1 Edad y Sexo

GRÁFICO N° 57

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EDAD Y AL SEXO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Fueron 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 32 años, 8 hombres (53.3%) y 7 mujeres (46.7%), por lo tanto la distribución por género es equitativa. Con un ligero predominio del género masculino.

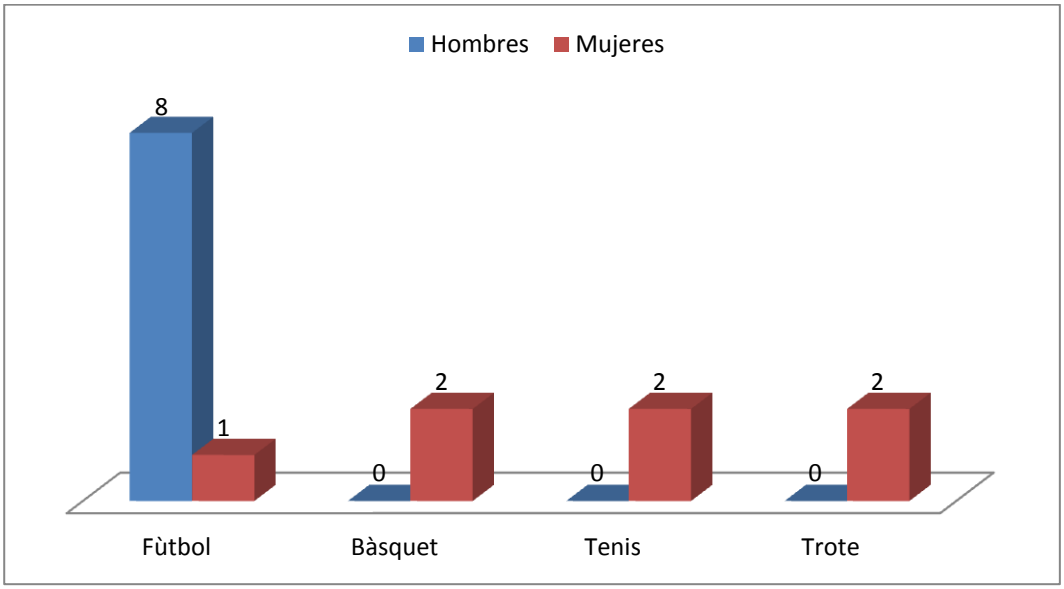
Se ha demostrado que entre los 10 y 18 años, las afecciones de los tejidos blandos constituyen el 56,85% de todas las lesiones del deporte. De igual forma, en

este grupo de edades, las contusiones representaron el 26,6%, las distensiones el 21,6% y los esguinces el 8,6%; de estos últimos, la rodilla fue afectada en el 14,4%, la pierna en el 13,7% y el tobillo en el 11,5%, ello constituyó el 76,36% de dicho 56,85%. (Cambras, R., et al., 2004).

9.2.2 Actividad deportiva en relación al género

GRAFICO N° 58

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVIDAD DEPORTIVA Y AL SEXO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

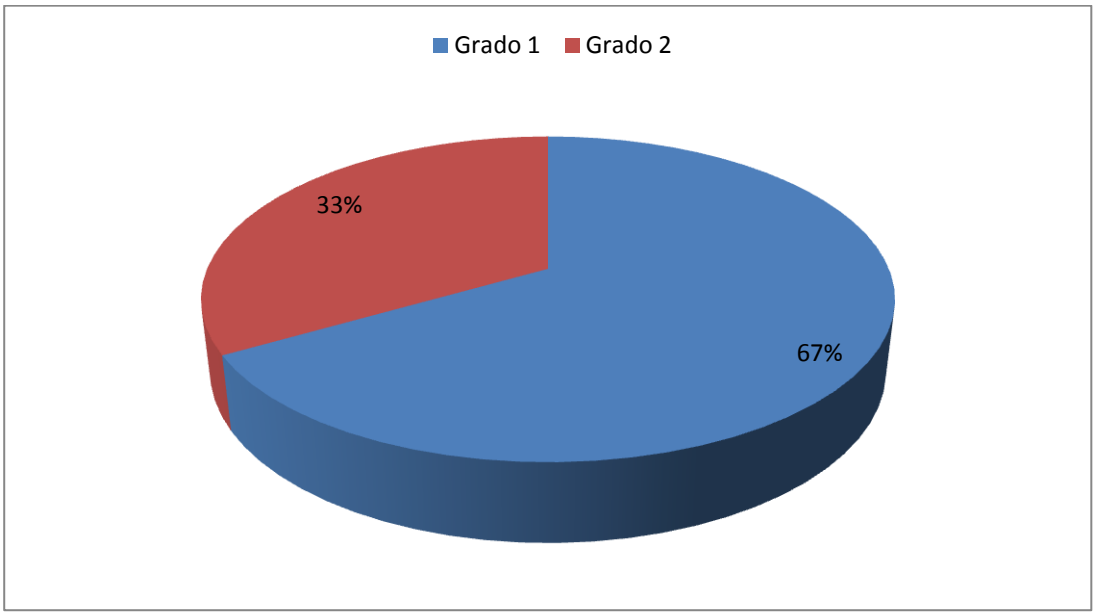
Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 33 años; que 9 practican futbol (61 %), 8 hombres y 1 mujeres; 2 practican básquet (13%), 2 mujeres y 0 hombres; 2 practican tenis (13%), 0 hombres y 2 mujer; trote (13%), 0 hombre y 2 mujer.

Estos datos nos indican que existe mayor incidencia de distensión del ligamento colateral interno (DLCI) en el deporte de futbol, el básquet, el tenis y el trote con una diferencia significativa ante el futbol. De igual manera los hombres tienen mayor incidencia en el futbol.

9.2.3 Distensión del Ligamento Colateral Grado 1 y Grado 2

GRÁFICO N° 59

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL GRADO DE DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



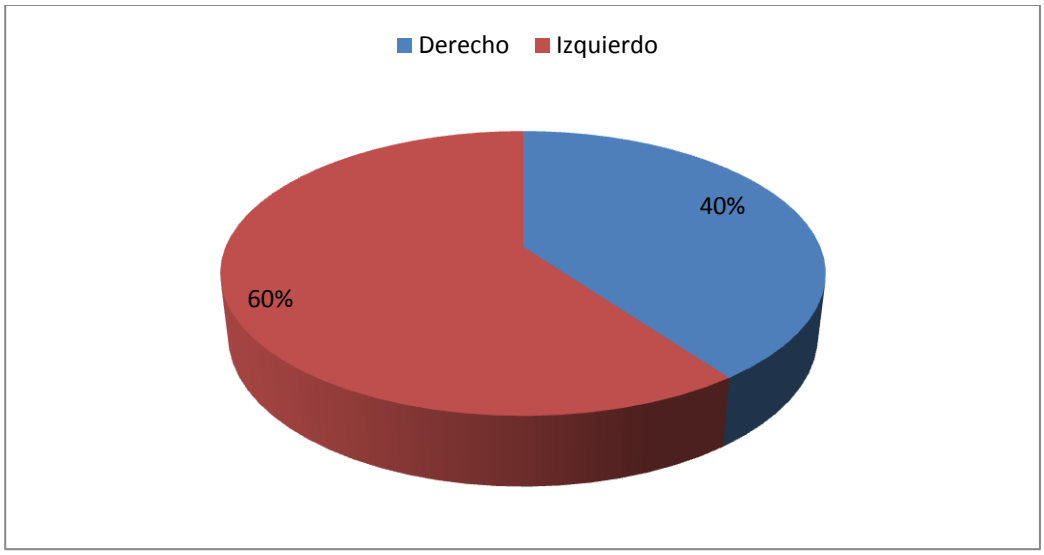
Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 33 años, que del total de deportistas en los cuales se realizó el análisis, 10 de ellos poseen distención grado 1 que corresponde 67% y los 5 restantes presentan distención grado 2 que abarca el 33%. Con un número de pacientes sin mayor diferencia entre ambas distensiones.

9.2.4 Miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno

GRÁFICO N° 60

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL LADO DEL MIEMBRO INFERIOR CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DEL GRUPO CONTROL DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio", 6 de ellos poseen distención del ligamento colateral interno en su miembro inferior derecho, correspondiente al 40%; mientras que 9 en su miembro inferior izquierdo, correspondiente al 60%. Por lo que se puede observar que existe un moderado predominio del lado izquierdo.

9.2.5 Amiotrofia

TABLA N° 10

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EVALUACIÓN INICIAL DEL PERÍMETRO MUSCULAR DEL VASTO INTERNO EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

AMIOTROFIA EN VASTO INTERNO	Diferencia con perímetro muscular de muslo sano	Cantidad de pacientes casos
	De 3 cm a 4 cm	7(47 %)
	De 2 cm a 3 cm	5 (33 %)
	De 1 cm a 2 cm	3 (20 %)

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; 8 tienen una diferencia entre su muslo con distensión del ligamento colateral interno (lesionado) de 3 cm a 4 cm en relación con su lado contrario (muslo sano), correspondiente al 47%; mientras que 5 poseen una diferencia de 2 cm a 3 cm, correspondiente al 34%; y 3 poseen una diferencia de 1 cm a 2 cm, correspondiente al 20 %.

De tal forma se analiza que existe amiotrofia muscular en todos los pacientes, predominando la diferencia de 3 cm a 4 cm (47%) siendo una amiotrofia evidente; la diferencia de 2 cm a 3 cm (33%) es una amiotrofia considerable; mientras que la diferencia de 1 cm a 2 cm (20%) en una amiotrofia leve.

TABLA N° 11

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EVALUACIÓN FINAL DEL PERÍMETRO MUSCULAR DEL VASTO INTERNO EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

AMIOTROFIA EN VASTO INTERNO	Diferencia con perímetro muscular de muslo sano	Cantidad de pacientes casos
	De 3 cm a 4 cm	7(47 %)
	De 2 cm a 3 cm	5 (33 %)
	De 1 cm a 2 cm	3 (20 %)

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; de la evaluación inicial a la evaluación final la amiotrofia no ha aumentado, ni disminuido dado que no es la etapa de hipertrofia muscular sino la etapa inicial de fortalecimiento en la que no aumenta el volumen muscular

9.2.6 Evaluación inicial electromiografía superficial (EMG retrainer)

TABLA N° 12

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 1 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
80 a 150 µV/s	Máxima	2	0	1
	Constante	10	10	10
150 a 300 µV/s	Máxima	6	7	6
	Constante	0	0	0
300 a 500 µV/s	Máxima	2	3	3
	Constante	0	0	0

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 10 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control con DLCI grado 1 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación inicial con el EMG retrainer, la actividad constante del vasto interno es muy baja (80 a 150 µV/s) en los 10 deportistas.

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno fue muy baja (80 a 150 µV/s) 2 deportistas, ninguno en el vasto externo y 1 deportista en el recto anterior, por esto las fibras musculares por activarse son precarias en dicho caso; también existe activación máxima baja (150 a 300 µV/s) en 6 deportistas en el vasto interno, 7 en el vasto externo y 6 en el recto anterior, por lo que existen una cantidad considerable de fibras musculares por activarse; también existe activación máxima media baja (300 a 500 µV/s) en 2 deportistas en el vasto interno, 3 en el vasto externo

y 3 en el recto anterior, por lo que puede haber un reclutamiento de fibras musculares mayor en dichos deportistas

TABLA N° 13

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 2 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
80 a 150 µV/s	Máxima	0	2	4
	Constante	5	5	5
150 a 300 µV/s	Máxima	5	3	1
	Constante	0	0	0
300 a 500 µV/s	Máxima	0	0	0
	Constante	0	0	0

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 5 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control con DLCI grado 2 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación inicial con el EMG retrainer, la actividad constante del vasto interno es muy baja (80 a 150 µV/s) en 5 deportistas, al igual que en el recto anterior y el vasto externo, por lo que no hay actividad muscular evidente en dichos pacientes; también no existe activación constante baja (150 a 300 µV/s), tampoco una activación constante media baja (300 a 500 µV/s).

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno fue muy baja (80 a 150 µV/s) en ningún deportista, 2 en el vasto externo y 4 deportista en el recto anterior, y fue de 150 a 300 µV/s en el recto anterior 5, en el vasto externo 3 y en el vasto interno 1 deportista, estas fibras musculares están en un nivel bajo de activación.

9.2.7 Evaluación final electromiografía superficial (EMG retrainer)

TABLA N° 14

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 1 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
350 a 500 µV/s	Máxima	5	6	6
	Constante	9	10	8
500 a 650 µV/s	Máxima	4	4	2
	Constante	1	0	2
650 a 900 µV/s	Máxima	1	0	2
	Constante	0	0	0

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 10 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control con DLCI grado 1 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación inicial con el EMG retrainer, la actividad constante del vasto interno entre 350 a 500 µV/s fue en 9 deportista, 10 en el vasto externo y en 8 en el recto anterior, lo que denota una actividad muscular media baja; entre 500 a 650 µV/s en 1 deportista en el vasto interno y 1 en el vasto externo, por lo que existe actividad muscular notoria en dichos pacientes; no existió activación constante de 650 a 900 µV/s.

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno de 350 a 500 µV/s 5 deportista, 6 en el vasto externo y 6 deportista en el recto anterior, lo que denota una activación muscular media baja, de 500 a 650 µV/s 4 deportistas en el vasto interno, al igual que en el vasto externo y 2 deportista en el recto anterior, por esto las fibras

musculares están en un nivel medio de activación; no existe activación máxima media alta entre 650 a 900 µV/s.

TABLA N° 15

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO GRADO 2 DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

MICROVOLTIOS /SEGUNDOS	ACTIVACION MUSCULAR	VASTO INTERNO	VASTO EXTERNO	RECTO ANTERIOR
350 a 500 µV/s	Máxima	3	4	4
	Constante	5	5	5
500 a 650 µV/s	Máxima	2	1	1
	Constante	0	0	0
650 a 900 µV/s	Máxima	0	0	0
	Constante	0	0	0

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 5 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control con DLCI grado 2 que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; que se les realizó una evaluación final con el EMG retrainer, la actividad constante de los 5 pacientes es entre 350 a 500 µV/s), lo que denota una actividad muscular media baja.

Dentro de la activación muscular máxima del vasto interno de 350 a 500 µV/s 3 deportista, 4 en el vasto externo y 4 deportista en el recto anterior, por esto las fibras musculares por activarse esta en un nivel medio bajo; también existe activación máxima entre 500 a 650 µV/s en 2 deportistas en el vasto interno, 1 en el vasto externo y 1 en el recto anterior, por lo que existen una cantidad media de fibras musculares por activarse.

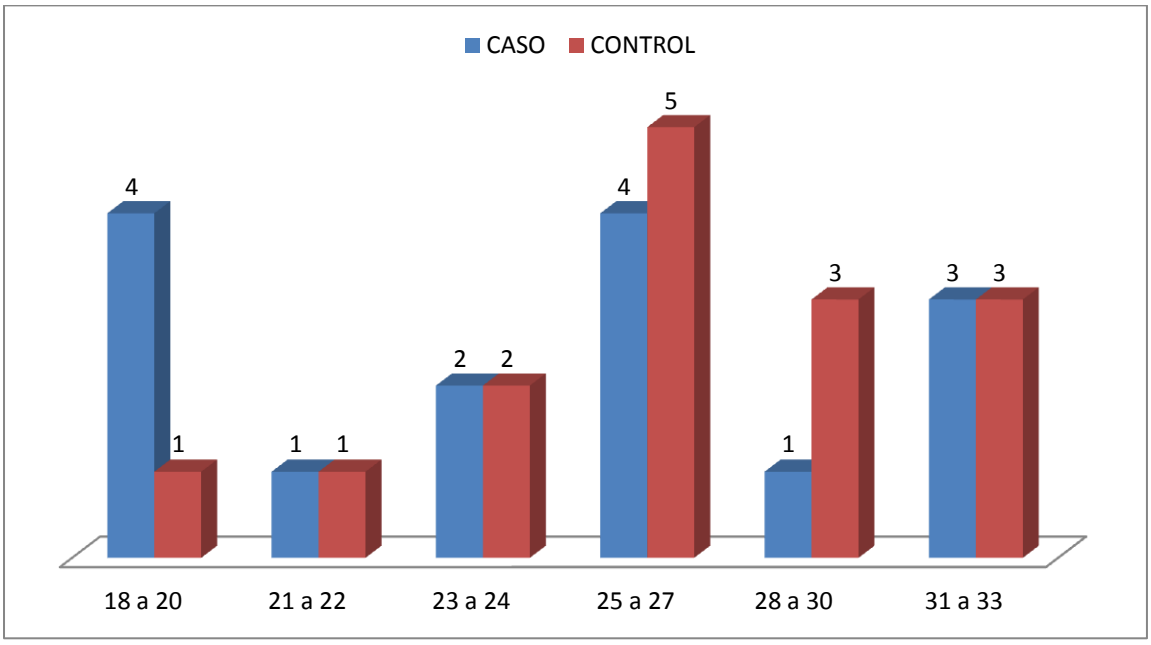
No existe actividad máxima media alta entre 650 a 900 µV/s, ni tampoco actividad constante a partir de 500 µV/s, esto evidencia que no existen considerables cambios dentro de la evaluación inicial y la evaluación final por medio de la técnica de ejercicio concéntrico aplicada en pacientes con distensión del ligamento colateral interno para el reclutamiento de fibras musculares.

9.3 ANÁLISIS COMPARATIVO PACIENTES CASO Y CONTROL

9.3.1 Edad y Sexo

GRÁFICO N° 61

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EDAD Y AL SEXO DE LOS PACIENTES CASO Y CONTRO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



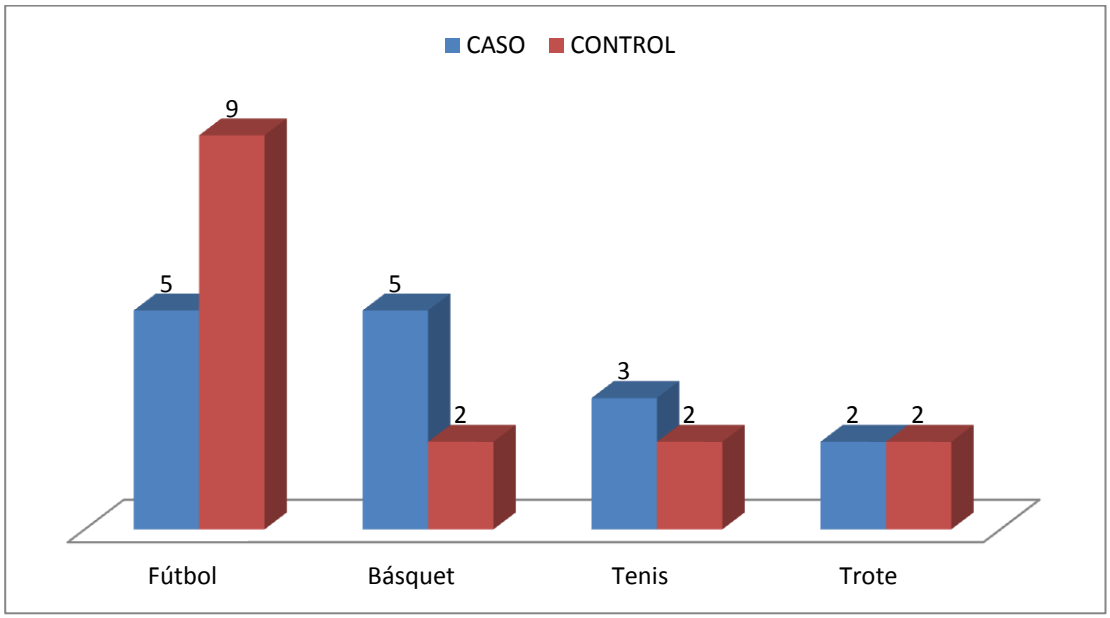
Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Fueron 30 pacientes deportistas que participaron en el estudio que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 33 años. Existieron más pacientes entre 18 a 20 años en el grupo caso, mas pacientes entre 25 a 27 años y de 28 a 30 años en el grupo control; e igual número de 21 a 22 años, 23 a 24 años y de 31 a 33 años. Y

9.3.2 Actividad deportiva en relación al género

GRÁFICO N° 62

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVIDAD DEPORTIVA DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL Y GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

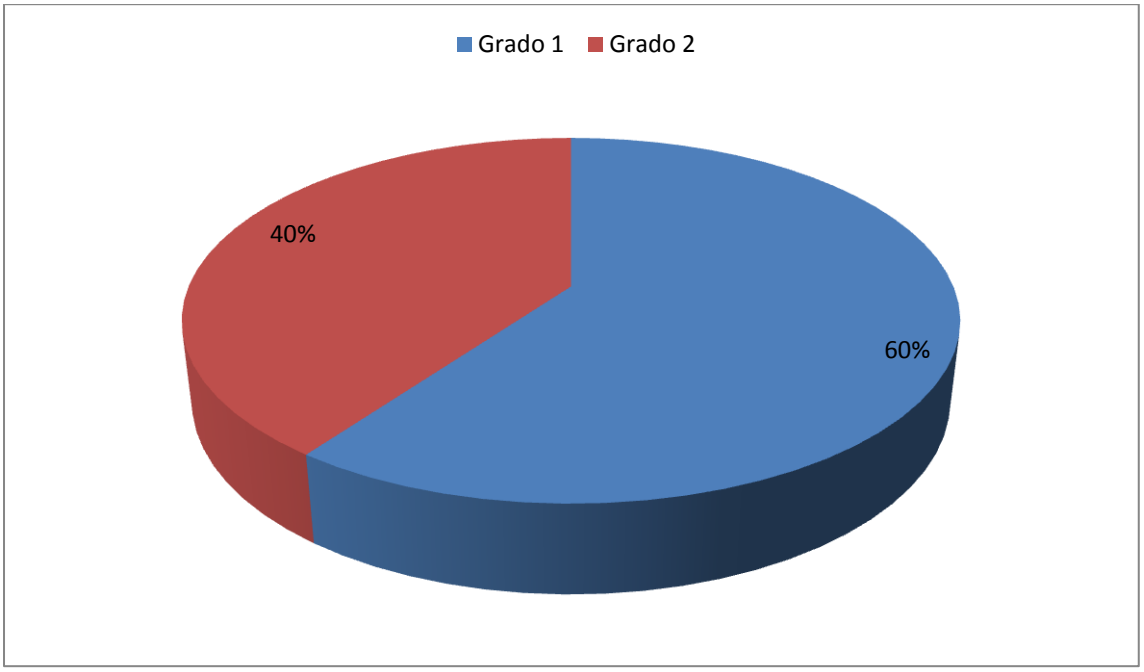
Se puede apreciar que de los 30 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 33 años; 14 practican futbol 7 practican básquet, 5 practican tenis 4 trotan.

Estos datos nos indican que existe mayor incidencia de distensión del ligamento colateral interno (DLCI) en el deporte de fútbol.

9.3.3 Distensión del Ligamento Colateral Grado 1 y Grado 2

GRÁFICO N° 63

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL GRADO DE DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DE LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL Y GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



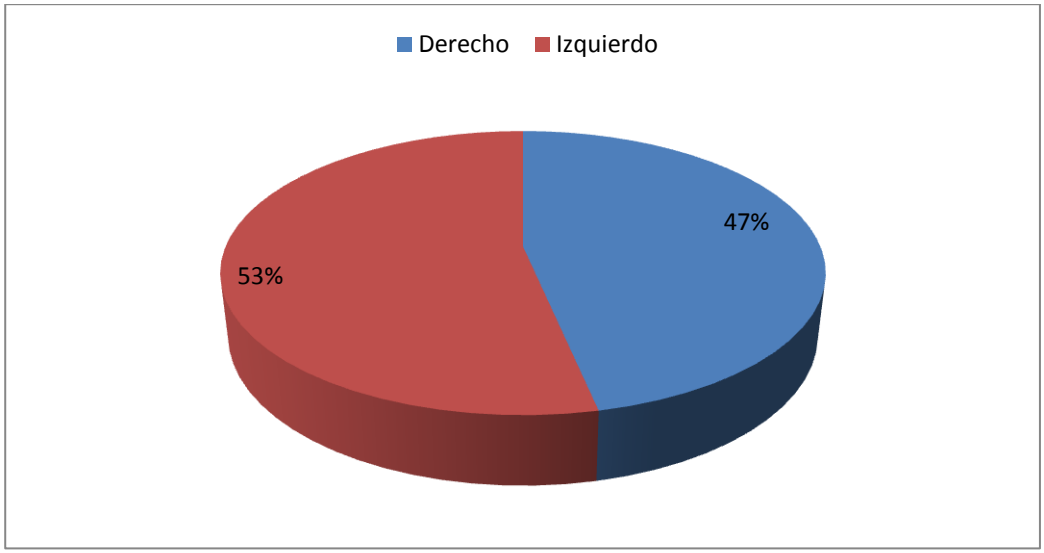
Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 30 pacientes deportistas que pertenecen al grupo control que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio" con distensión del ligamento grado 1 y grado 2 entre 18 y 33 años, que del total de deportistas en los cuales se realizó el análisis. El 60 % sufrió una DLCI grado 1 y el 40 % una DLCI grado 2.

9.3.4 Miembro inferior con distensión del ligamento colateral interno

GRÁFICO N° 64

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO AL LADO DEL MIEMBRO INFERIOR CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DEL GRUPO CONTROL Y GRUPO CASO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



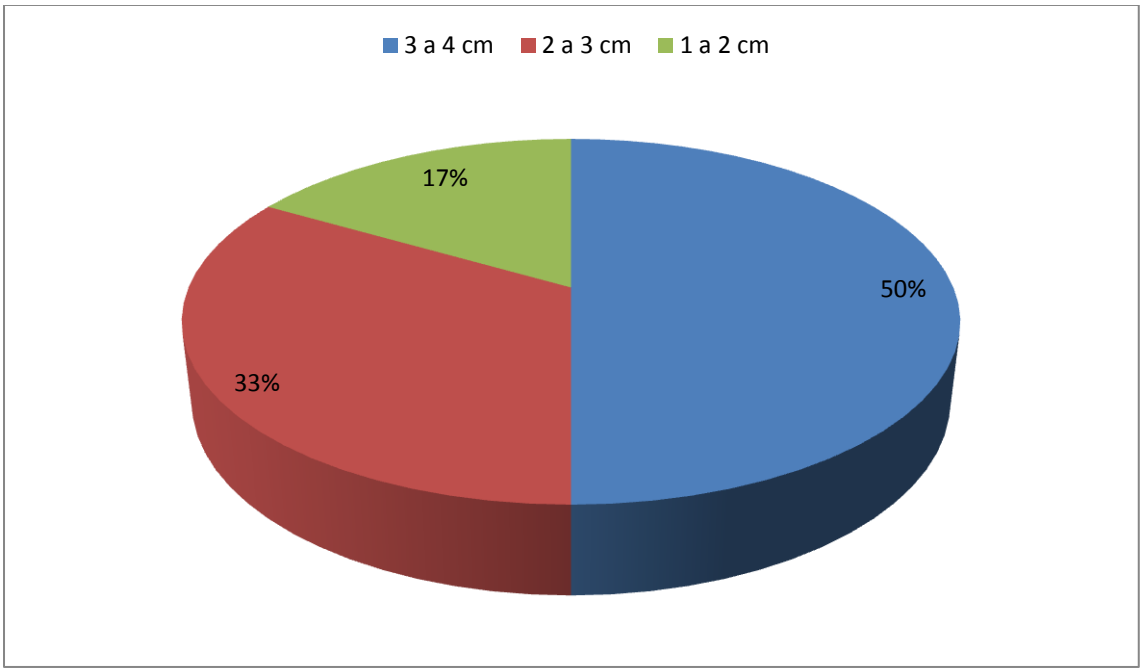
Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 30 pacientes deportistas que pertenecen al grupo de estudio que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio", 14 de ellos poseen distención del ligamento colateral interno en su miembro inferior derecho, correspondiente al 47%; mientras que 16 en su miembro inferior izquierdo, correspondiente al 53%. Por lo que se puede observar que existe un leve predominio del lado izquierdo.

9.3.5 Amiotrofia

GRÁFICO N° 65

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA EVALUACIÓN INICIAL DEL PERÍMETRO MUSCULAR DEL VASTO INTERNO EN LOS PACIENTES EN ESTUDIO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011



Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Se puede apreciar que de los 30 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; 15 tienen una diferencia entre su muslo con distensión del ligamento colateral interno (lesionado) de 3 cm a 4 cm en relación con su lado contrario (muslo sano), correspondiente al 50%; mientras que 10 poseen una diferencia de 2 cm a 3 cm, correspondiente al 33%; y 5 poseen una diferencia de 1 cm a 2 cm, correspondiente al 17%.

De tal forma se analiza que existe amiotrofia muscular en todos los pacientes, predominando la diferencia de 3 cm a 4 cm (50%) siendo una amiotrofia evidente; la

diferencia de 2 cm a 3 cm (33%) es una amiotrofia considerable; mientras que la diferencia de 1 cm a 2 cm (17%) en una amiotrofia leve.

9.3.6 Evaluación inicial y final de la electromiografía superficial (EMG retrainer)

TABLA N° 16

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CASO CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

EVALUACION INICIAL					EVALUACION FINAL				
µV/s	**ACTIV MUSC**	**V. I**	**V. E**	**R.A**	**µV/s**	**ACTIV MUSC**	**V. I**	**V. E**	**R.A**
80 a 150	Máxima	1	1	3	**350 a 500**	Máxima	0	0	0
	Constante	6	3	5		Constante	2	3	4
150 a 300	Máxima	5	5	6	**500 a 650**	Máxima	4	4	7
	Constante	6	7	8		Constante	7	5	6
300 a 500	Máxima	9	9	6	**650 a 900**	Máxima	11	11	8
	Constante	3	5	2		Constante	6	7	5

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; se revela que en la activación muscular constante a progresado con un rango de 350 a 500 µV/s en con resultados en 9 músculos de diferentes pacientes, de 500 a 650 µV/s en 18 músculos y de 650 a 900 µV/s en 18 músculos también. La activación muscular máxima se ha dado en 15 músculos de diferentes pacientes entre 500 a 650 µV/s y en 30 músculos de 650 a 950 µV/s. Resultados favorables de activación muscular para el reclutamiento de fibras musculares de acuerdo a los microvoltios sobre segundos del EMG retrainer.

TABLA N° 17

DISTRIBUCIÓN DE ACUERDO A LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL CON DISTENSION DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

EVALUACION INICIAL					EVALUACION FINAL				
µV/s	**ACTIV MUSC**	**V. I**	**V. E**	**R.A**	**µV/s**	**ACTIV MUSC**	**V. I**	**V. E**	**R.A**
80 a 150	Máxima	2	2	5	**350 a 500**	Máxima	8	10	10
	Constante	15	15	15		Constante	14	15	13
150 a 300	Máxima	11	10	7	**500 a 650**	Máxima	6	5	3
	Constante	0	0	0		Constante	1	0	2
300 a 500	Máxima	2	3	3	**650 a 900**	Máxima	1	0	2
	Constante	0	0	0		Constante	0	0	0

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 15 pacientes deportistas que pertenecen al grupo caso que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; se revela que en la activación muscular constante a progresado con un rango de 350 a 500 µV/s con resultados en 9 músculos de diferentes pacientes, de 500 a 650 µV/s en 18 músculos y de 650 a 900 µV/s en 18 músculos también. La activación muscular máxima se ha dado en 15 músculos de diferentes pacientes entre 500 a 650 µV/s y en 30 músculos de 650 a 950 µV/s. Resultados favorables de activación muscular para el reclutamiento de fibras musculares de acuerdo a los microvoltios sobre segundos del EMG retrainer.

9.3.7 Evaluación final electromiografía superficial (EMG retrainer)

TABLA N° 18

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ACTIVACIÓN MUSCULAR MÁXIMA Y CONSTANTE EN LOS PACIENTES DEL GRUPO CONTROL Y GRUPO CASO CON DISTENSIÓN DEL LIGAMENTO COLATERAL INTERNO DE LA UNIDAD DOCENTE DE REHABILITACIÓN INTEGRAL "ASOFISIO" EN EL PERIODO ENERO – ABRIL 2011

		GRUPO CONTROL			GRUPO CASO		
µV/s	**ACTIV MUSC**	**V. I**	**V. E**	**R.A**	**V. I**	**V. E**	**R.A**
350 a 500	Máxima	8	10	10	0	0	0
	Constante	14	15	13	2	3	4
500 a 650	Máxima	6	5	3	4	4	7
	Constante	1	0	2	7	5	6
650 a 900	Máxima	1	0	2	11	11	8
	Constante	0	0	0	6	7	5

Fuente: Hoja de evaluación, Unidad Docente de Rehabilitación Física integral "Asofisio" enero a abril 2011
Elaborado por: Diana Cañar.

Al analizar la tabla anterior de los 30 pacientes deportistas en los que se aplicó el estudio que asistieron a la Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral "Asofisio"; dentro de la actividad constante se revela que 42 músculos de diferentes pacientes que oscilan entre 350 a 500 µV/s que pertenecen al grupo control, están entre 500 a 650 µV/s 3 músculos y entre 650 a 900 µV/s ninguno; mientras que en el grupo caso están entre 500 a 650 µV/s 18 músculos y entre 650 a 900 µV/s 18 también, 9 en el rango minoritario de 350 a 500 µV/s.

La activación muscular máxima se revela en 28 músculos de diferentes pacientes que oscilan entre 350 a 500 µV/s que pertenecen al grupo control, están entre 500 a 650 µV/s y entre 650 a 900 µV/s ninguno; mientras que en el grupo caso están entre 500 a 650 µV/s 15 músculos y entre 650 a 900 µV/s 30, ninguno en el rango minoritario de 350 a 500 µV/s.

Resultados favorables de activación muscular para el reclutamiento de fibras musculares de acuerdo a los microvoltios sobre segundos del EMG retrainer en pacientes a los que se les aplique la técnica electroestimulación mas ejercicio concéntrico.

CONCLUSIONES

- Se consiguió determinar la eficacia diferencial entre las técnicas para el reclutamiento de fibras musculares, la electroestimulación mas ejercicio concéntrico es la técnica en la que se ha obtenido mayores resultados de activación muscular en el reclutamiento de fibras musculares.

- Se logró caracterizar a la población de acuerdo a su edad, sexo, actividad deportiva, grado de distensión del ligamento colateral interno con amiotrofia muscular de cuádriceps dentro de los grupos de estudio.

- En base al estudio se determinó la eficacia del reclutamiento de fibras musculares en pacientes con distensión del ligamento colateral interno con grado 1 y grado 2, que mayor éxito en el grado 1 por la inactividad muscular que sufren los pacientes con DLCI grado 2 a causa de la inmovilización.

- Se identificó la amiotrofia en pacientes del ligamento colateral interno según el perímetro muscular para que pueden ser incluidos en el estudio y también se identificó que el perímetro muscular no varió de la evaluación inicial a la final ya que no utilizamos un programa de hipertrofia, solo reclutamos fibras musculares con un programa de introducción al fortalecimiento muscular terapéutico.

- Se pudo describir el uso y características del EMG retrainner como herramienta de estudio, el cual es muy fácil y útil para medir la activación muscular en microvoltios por segundos.

RECOMENDACIONES

- Todos los profesionales de la salud relacionados a la rehabilitación deben conocer las propiedades y beneficios que brindan la aplicación de la Electroestimulación y Ejercicio Concéntrico frente al Ejercicio Concéntrico, en deportistas con distensión del ligamento colateral interno de rodilla, de esta forma obtenemos un parámetro de la eficacia de las técnicas que utilizamos en nuestra labor.

- Es de suma importancia que antes de realizar cualquier tipo de rehabilitación las personas encargadas de la misma realicen un correcto diagnóstico diferencial, con la finalidad de que un futuro los estudios de campo a realizarse puedan aplicar los diferentes usos de la la electroestimulación con Compex.

- El Emg retrainer es una herramienta muy útil y fácil de uso para el Terapeuta físico, al mismo tiempo se debe tomar en cuenta que solo abarcará músculos de superficie y valores entre 0 a 1000 microvoltios/segundo. Por ello no se utilizó en el músculo crural del cuádriceps dado que es un músculo profundo.

- Se puede utilizar el EMG retrainer u otra electromiografía superficial con otro tipo de contracción que no sea isométrica y por más tiempo que 5 segundos, tomando en cuenta la fatiga muscular, dependiendo que propósito tenga el investigador, para continuar o tomar con diferente perspectiva este estudio.

- El uso de EMG retrainer es una herramienta que nos ayuda a cuantificar el porcentaje de reclutamiento de fibras musculares con este conocimiento podemos realizar un tratamiento eficaz de nuestros pacientes en menor tiempo, lo que permitirá retornar a su actividad deportiva que si es profesional, mejorará sin duda su aspecto laboral, con beneficio económico, cumpliendo con sus expectativas consecuentes al aspecto social dentro de sus exigencias personales y profesionales.

- Se sugiere la oportunidad de transmitir a los alumnos estos temas de interés que sentarán las bases para un mejor desarrollo profesional que abarque un conocimiento más amplio y detallado para la aplicación de nuevas técnicas, su comprobación y uso, de esta manera beneficiar a nuestros pacientes, impulso de nuestras investigaciones.

- Realizar el estudio con el EMG retrainer es dar el acceso a muchas posibilidades de investigación con dicha herramienta, por ello su aplicación puede fuente de conocimiento para ayudar a nuestro pacientes, no solo como lector de la activación muscular, puede entrar en nuestros programas de rehabilitación para analizar la evolución de nuestros pacientes en diferentes lesiones musculares superficiales o en lesiones neuromusculares periféricas, entre otra que dependan del interés del Terapeuta Fisco o estudiante.

BIBLIOGRAFÍA

1. "Fisioterapia del deporte y el ejercicio" Gregory S Kilt Lynn Snyder- Mackler. Prólogo: Per Renstrom. Editorial: Elsevier.
2. Aprile, F. Perissinotti, F. Elettrosimolazione nove frontiere. Ed. ALEA. 2001.
3. Ballesteros,R. (2001) (Tomo 2)Traumatología y Medicina Deportiva. Madrid. Ediciones Paraninfo. S.A.
4. Basas A. (2002) Tratamiento Fisioterapéutico de la rodilla. Madrid. Editorial Interamericana-McGraw Hill.
5. Boschetti, G. (2000) Che cose è Elettrostimolazione. Ed. LIBRERIA DELLO SPORT.
6. Brown, W. (1993) Electromiografía clínica. (2 ª ed.). Boston. Editorial Heinemann.
7. Brown,L. (2008) Entrenamiento de la fuerza. Editorial Médica Panamericana
8. Cambras, R. (2006) Lesiones de partes blandas. [google.com]. Disponible en: (http://www.bvs.sld.cu/revistas/ort/vol/18) 2011 enero 17.
9. Cifuentes, L. (1999) Kinesiología humana. Quito. Editorial Enlace Grafico.
10. Cometti, G. (2000) Los métodos modernos de musculación. PAIDOTRIBO.
11. Cometti, G. (2001) Métodos modernos de musculación. (3ª ed.). Barcelona. Editorial Paidotribo.
12. Cutter N y Kevorkian G (2000) Manual de valoración muscular Editorial.Mc Graw-Hill.
13. Cyriax, J. (1980) Tratamiento por masaje e inyección. (1ª ed.). New York. Editorial Marban.
14. D'urbano, G. (1999) Sport e Elettrostimolazione. PROFESSIONE FITNESS.
15. Daniels-Worthingham's *PRUEBAS FUNCIONALES MUSCULARES*, Editorial MARBAN
16. Fernández, M. (2004) La Electroestimulación entrenamiento y periodización. (1ª ed.). Barcelona. Editorial Paidotribo.

17. Figueroa, A. Evaluación de lesiones de ligamentos de rodilla. [google.com]. Disponible en: (http://www.encolombia.com/medicina/lesiones7.htm) 2011 febrero 15.

18. FLECK Steven J. Fundamentos do Treinamento de Força Muscular - 2ª edição - Porto Alegre - R.S. - Editora Artes Médicas Sul Ltda - 1999. HOLLMAN, Wildor& HETTINGER, Theodor - Medicina de Esporte - Ed. Manole - S.P. 1983.

19. Frontera, W. (2008) Medicina deportiva clínica: tratamiento médico y rehabilitación. Editorial Elsevier-España.

20. G. Benady, (2006) Spinal Muscular Atrophy in Childhood: Review of 50 cases, Develop. Med. Child Neurol.

21. Gal, B. (2007) Bases de la fisiología. (2ª ed.) Editorial Tebar.

22. Garner-Gray- O´Rahilly. (2005) Anatomía. Editorial McGraw-Hill.

23. Garza Alatorre Arturo Gerardo, (2001) Atrofia muscular espinal tipo I. Reporte de un caso atípico, Revista Mexicana de Pediatría, Vol. 68

24. Guyton, A. (2000) Tratado de fisiología médica. (10ª ed). México: Editorial Mack Graw-Hill.

25. Iogna, M. L' (2000) Elettrostimolazione nell'allenamento dello sportivo. Ed. ELIKA.

26. Kapandji,A. (2002) Fisiología articular. (5 ª ed.). Editorial Médica Panamericana.

27. Kolt, G, Snyder, L. (2004) Fisioterapia del Deporte y el Ejercicio. Madrid. Editorial Elsevier.

28. Krusen, Kottke, Lehmenn, MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN, Editorial. Médica Panamericana.

29. Lanzani, A. (2000) Allenamento Elettrostimolazione. PROFESSIONE FITNESS.

30. Lieber. (1996) Equal effectiveness of Electrical and valitional stregth training. J. ORTHOPEDIC RESEARCH.

31. Maffiuletti NA, Dugnani S. (2002) Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. Med Sci Sport Exerc.

32. Martin, L. (1993). Effects of electrical stimulation training. UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE.

33. MCARDLE, William D., Katch I. Frank &Katch L. Victor. - Fisiologia do Exercício. Energia, Nutrição e Desempenho Humano - Ed. GuanabaraKoogan S. A. - 4ª edição - Rio de Janeiro R.J. 1998.

34. Nicola, A. (1998). Electrostimulation and basquetball players performance. UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE.

35. Ortiz, V. (1996) Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. INDE.

36. Ortiz, V. (1999) Entrenamiento de fuerza y explosividad para la Actividad Física y el Deporte de Competición. INDE.

37. Pichon, F. (1995) . Electrical stimulation and swiming performances. FACULTÉ DE MEDICINE DE SAINT-ETIENNE.

38. Pineda, E. (1994) Metodología de la investigación. (2ª ed.). Organización Panamericana de la Salud.

39. Pinsach, P. Lo último en Ejercicio Físico, La Electroestimulación [google.com]. Disponible en: (http://www.sobreentrenamiento.com) 2011 enero 27.

40. Prentice,W. (1999) Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva. (2ª ed.). Editorial Paidotribo.

41. Pruebas Clínicas para patología ósea, articular y muscular. Klaus Backup Ed Masson

42. Selkowitz, D. M.(1996) Improvement in isometric strength of the cuadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. PHYSICAL THERAPY.

43. Souchard, Ph. E. (2000) Stretching global activo. De la perfección muscular a los resultados deportivos. Ed. Paidotribo. Barcelona.

44. Valdora, M. (2000) Elettrostimolazione e propiocezione. SCIENZA & SPORT, PLANETA ISEF.

45. Veléz, M. (1997) Fisioterapia sistemas métodos y técnicas. (1ª ed.). Quito. Editorial Sur Editores.

46. Watson,T. (2009). Electroterapia: Práctica basada en la evidencia. Editorial Elsevier- España.

47. Weineck, Jürgen. - Biologia do Esporte. Ed. Manole Ltda. S.P. 1991.

48. Wilmore R. y Costill D. (2001). Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. Cuarta Edición. Editorial Paidoribo. España.

49. Xhardez, Y. (2002) Vademecum de kinesioterapia y de reeducacion funcional. (4ª ed.). Buenos Aires. Editorial EL Ateneo.

50. Zatsiorsky, Vladimir M. - Ciência e Prática do Treinamento de Força - São Paulo - S.P. - Phorte Editora Ltda, 1999.

ANEXOS

Anexo N°1

Carta de Solicitud para la aprobación del desarrollo del estudio

Quito, 14 de diciembre del 2010

Lic. Fernando Iza

Unidad Docente de Rehabilitación Física Integral “Asofisio”;

De mis consideraciones:

Yo Diana Susana Cañar Espinosa portadora de la C.I. 1716392343, egresada de la Facultad de Enfermería Carrera de Terapia Física de la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, solicito a usted muy atentamente la aprobación para realizar mi tesis que tiene como tema “Análisis comparativo del reclutamiento de fibras musculares mediante electroestimulación y ejercicio concéntrico frente al ejercicio concéntrico, en deportistas con distensión del ligamento colateral interno de rodilla, que asisten a Asofisio en el periodo de enero a abril 2011”previo a la obtención del título de licenciada en Nutrición Humana.

La tesis ya mencionada constara de lo siguiente: se realizara una evaluación inicial y final del perímetro del muslo y electromiografía superficial en los pacientes con distensión del ligamento colateral interno, con amiotrofia de cuádriceps entre 18 y 33 años de edad.

Anticipo mis agradecimientos por la atención favorable prestada a mi solicitud.

Atentamente

Diana Cañar

Anexo N°2

Consentimiento Informado

FECHA día / mes / año: □□ - □□ - □□

A QUIEN CORRESPONDA:

Declaro libre y voluntariamente que mi nombre es……. y que acepto participar en el presente proyecto de investigación. Cuyos objetivos son determinar la eficacia del reclutamiento de fibras musculares mediante electroestimulación con compex, sumado al uso de trabajo concéntrico frente al uso de trabajo concéntrico. Se me ha indicado que la presente investigación no significa riesgo alguno para mi integridad personal y que se respetará mi identidad.

Se me ha informado explícitamente que soy libre de retirarme del estudio en el momento en que así lo decida y estoy consciente de que puedo solicitar mayor información acerca del presente estudio si así lo deseo.

FIRMA: …….

Anexo N°3

Hoja de Evaluación Inicial y Final

RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Análisis comparativo del Reclutamiento de Fibras Musculares mediante Electroestimulación y Ejercicio Concéntrico frente al Ejercicio Concéntrico, en deportistas entre 18 y 33 años de edad con distensión del ligamento colateral interno de rodilla, que asisten a Asofisio en el periodo de enero a abril 2011

1. **Edad:** …….. años
2. **Sexo:** 2.1 Masculino ☐ 2.2 Femenino ☐
3. **Actividad Deportiva:**
   3.1 Fútbol ☐ 3.2 Básquet ☐ 3.3 Tenis ☐ 3.4 Otro: ……
4. **Grupo:** 4.1. Caso ☐ 4.2 Control ☐
5. **Rodilla con DLCI:** 5.1 Derecha ☐ 5.2 Izquierda ☐
6. **Grado de DLCI:** 6.1 Grado 1 ☐ 6.2 Grado 2 ☐

EVALUACIÓN

7. PERÍMETRO MUSCULAR

7.1 Perímetro del muslo: ……

Inicial

A.		**5cm**
B.		**10cm**
C.		**15cm**
D.		**20cm**
E.		**25cm**

Final

A.		**5cm**
B.		**10cm**
C.		**15cm**
D.		**20cm**
E.		**25cm**

7.2 Perímetro del muslo opuesto: ……

Inicial

A.		**5cm**
B.		**10cm**
C.		**15cm**
D.		**20cm**
E.		**25cm**

Final

A.		**5cm**
B.		**10cm**
C.		**15cm**
D.		**20cm**
E.		**25cm**

8. ELECTROMIOGRAFIA SUPERFICIAL

8.1 Actividad muscular inicial

Microvoltios/ seg	**Vasto Interno**	**Vasto Externo**	**Recto Anterior**
Máxima Activación			
Activación Constante			

8.2 Actividad muscular final

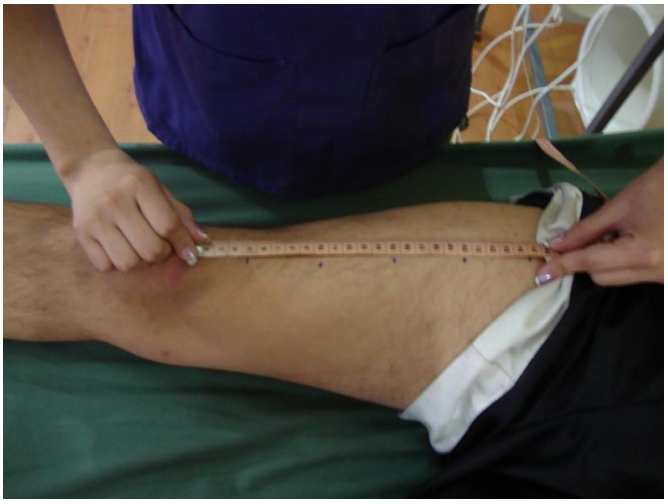
Microvoltios/ 5 seg	**Vasto Interno**	**Vasto Externo**	**Recto Anterior**
Máxima Activación			
Activación Constante			

RESPONSABLE: ……..

Anexo N°4

FOTOGRAFÍAS

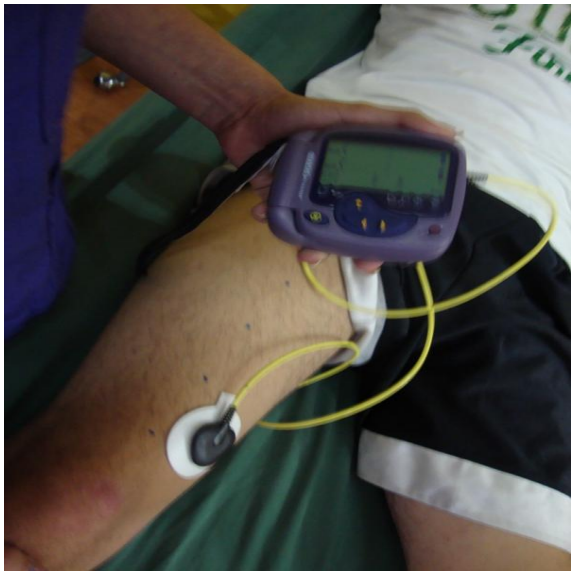
FOTOGRAFÍA N°1
PERÍMETRO MUSCULAR



FOTOGRAFÍA N°2
ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL EMG RETRAINER

FOTOGRAFÍA N°3

ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL (EMG RETRAINER) VASTO INTERNO



FOTOGRAFÍA N°4

ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL (EMG RETRAINER) VASTO EXTERNO

FOTOGRAFÍA N°5

ELECTROMIOGRAFÍA SUPERFICIAL (EMG RETRAINER) VASTO RECTO ANTERIOR

FOTOGRAFÍA N°6

ELECTROESTIMULACIÓN CON COMPEX

FOTOGRAFÍA N°7

EJERCICIO CONCÉNTRICO

PARA GRADOS ACADÉMICOS DE LICENCIADOS (TERCER NIVEL)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, **DIANA SUSANA CAÑAR ESPINOSA,** C.I. **171639234-3,** autora del trabajo de graduación intitulado: **"Análisis comparativo del reclutamiento de fibras musculares mediante electroestimulación y ejercicio concéntrico frente al ejercicio concéntrico, en deportistas con distensión del ligamento colateral interno de rodilla, que asisten a Asofisio en el periodo de enero a abril 2011",** previa a la obtención del grado académico de **LICENCIADA EN TERAPIA FÍSICA** en la Facultad de Enfermería:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, 16 de septiembre del 2011

Diana Susana Cañar Espinosa
C.I. 171639234-3