

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE ENFERMERÍA**

**CARRERA DE TERAPIA FISICA**

**DISERTACIÓN DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
TERAPIA FISICA**

**“EFECTIVIDAD DEL PROGRAMA DE ELECTROESTIMULACIÓN “FUERZA-  
RESISTENCIA” EN COMPARACIÓN CON EL EJERCICIO DE  
FORTALECIMIENTO EN LA RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR  
DEL CUÁDRICEPS EN PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON TENDINOPATIA  
ROTULIANA EN EL GIMNASIO DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DEL ECUADOR. QUITO EN JUNIO- JULIO 2016.”**

**ELABORADO POR:**

**CRISTHIAN DANIEL MAFLA CARRASCO**

**PABLO DAVID URBINA CHILUIZA**

**QUITO 21 DE SEPTIEMBRE DE 2015**

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó el siguiente estudio la eficacia de la electroestimulación programa fuerza-resistencia en comparación con ejercicio de fortalecimiento muscular en pacientes diagnosticados con tendinopatía rotuliana que estén realizando la fase resolutive de la rehabilitación con fines de recuperar fuerza en el grupo muscular cuádriceps. (Alfonso, 2008) Indica que tras el diagnóstico de esta patología es el grupo muscular que más se debilita dando como consecuencia repercusiones en la marcha.

Dentro del estudio participaron 41 pacientes entre hombres y mujeres en un rango de edad de 17 a 35 años ya que frecuentemente esta patología se presenta en deportistas jóvenes que oscilan en esta edad. (Garret, 2007). Los cuales asistían al gimnasio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

La eficacia de los métodos de fortalecimiento se ha comprobado mediante un dinamómetro de miembro inferior con mediciones de fuerza tanto al inicio como al final de la investigación y con una frecuencia de tres mediciones cada semana en el transcurso de un mes.

Al finalizar el estudio se ha demostrado una mejoría del 8% a favor del “grupo control uno” que utilizó la electroestimulación en comparación con el “grupo control dos” que realizó ejercicio de fortalecimiento, lo cual coincide con el estudio realizado por *Journal of Sports Medicine* que ha comprobado que su aplicación aislada permite una ganancia de fuerza y de volumen muscular de hasta el 9%.

### **Palabras claves:**

Electroestimulación, Tendinopatía, Dinamómetro, Excéntrico.

## SUMMARY

In this research the following study was conducted electrostimulation program strength resistance compared to exercising muscle strength in patients with patellar tendinopathy performing strengthening exercise aimed at developing muscle strength in the quadriceps because after this pathology is the muscle group It giving more weakened as a result impact in the march. (Alfonso, 2008)

Within the study 41 patients between men and women participated in a range of ages from 17 to 35 years since this disease often occurs in young athletes ranging in this age. (Garret, 2007), which attended the gymnasium of the Pontifical Catholic University of Ecuador.

The effectiveness of the methods of strengthening has been tested using a dynamometer with lower limb strength measurements at the beginning and at the end of the investigation and with a frequency of three measurements each week over the course of a month.

At the end of the study it has shown an improvement of 8% for the "control group 1" I use electrostimulation compared to the "control group 2" who performed strengthening exercise, which coincides with the study by the Journal of Sports Medicine has found that the isolated application allows a gain strength and muscle volume of up to 9%.

### **Keywords:**

Electrostimulation, Tendinitis, Dynamometer, Eccentric.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1. Capítulo I: ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1.2 JUSTIFICACIÓN.....	6
2. OBJETIVOS:.....	8
2.1.1 Objetivo General.....	8
2.1.2 Objetivos Específicos: .....	8
2.2 METODOLOGÍA .....	8
2.2.1 Tipo de Estudio.....	8
2.2.2 Población y muestra.....	9
2.2.3 Fuentes, Técnicas e Instrumentos .....	9
2.2.4 Criterios de Inclusión.....	10
2.2.5 Criterios de Exclusión .....	10
2.2.6 Plan de análisis .....	10
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	12
2.1. ANATOMÍA DEL GRUPO MUSCULAR CUÁDRICEPS.....	12
2.1.1 Generalidades .....	12
2.1.2 Grupo muscular Cuádriceps .....	14
2.2. BIOMECÁNICA DE LA RODILLA .....	15
2.2.1 Los ejes de la articulación de la rodilla .....	16
2.2.2 Los desplazamientos laterales de la rodilla .....	17
2.2.3 Los movimientos de flexo-extensión .....	18
2.3 TENDINOPATÍA ROTULIANA .....	19
2.3.1 Anatomía Patológica .....	19
2.3.2 Manifestaciones clínicas típicas .....	20
2.3.3 Tratamiento conservador de la tendinopatía rotuliana .....	21
2.3.4 Protocolo de ejercicios excéntricos .....	22
2.3.5 Tendinopatía rotuliana origen del dolor .....	23
2.3.6 Modelos mecánicos para explicar el dolor del tendón rotuliano.....	24
2.3.7 Modelo bioquímico para explicar el dolor de la tendinopatía.....	25

2.3.8 ¿Puede el modelo bioquímico explicar el efecto terapéutico de los ejercicios de fortalecimiento excéntrico? .....	26
2.3.9 Otros mecanismos potenciales para explicar el dolor del tendón rotuliano. ....	26
2.4 EL EJERCICIO EXCÉNTRICO EN LA RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR .....	27
2.4.1 Precauciones para el ejercicio excéntrico.....	28
2.4.2 Tipos de contracción utilizados en la recuperación de la fuerza muscular .....	29
2.5 CORRIENTE DEL TIPO FUERZA-RESISTENCIA .....	31
2.5.1 Mediana Frecuencia .....	31
2.5.2 Potenciación muscular.....	32
2.5.3Corrientes de Kotz o Rusa.....	34
2.6 HIPÓTESIS.....	36
2.7 MATRIZ DE VARIABLES .....	37
2.8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	37
3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1 Discusión.....	45
3.2 Conclusiones .....	47
3.3 Recomendaciones.....	48
4. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
5. ANEXOS:.....	53
Consentimiento informado.....	54
Cuestionario .....	55
Medición de fuerza muscular .....	56
6. INDICE DE GRAFICOS	
GRAFICO1: Distribución de porcentajes según el género .....	38
GRAFICO2: Distribución de porcentajes según el rango de edad.....	39
GRAFICO3: Distribución de porcentajes según la lateralidad.....	40
GRAFICO 4: Distribución de porcentajes según el lado afectado.....	41

## 7. INDICE DE TABLAS

TABLA1: Análisis de la estadística descriptiva (grupo control uno).....	43
TABLA2: Análisis de la estadística descriptiva (grupo control dos).....	44

## INTRODUCCIÓN

La Unidad de Fisioterapia de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador pone a disposición a toda la comunidad universitaria la atención en la prevención y tratamiento, en lesiones músculo-esqueléticas, donde la mayor afluencia de lesiones en pacientes jóvenes es a nivel de la rodilla. De igual manera ocurre en el Ecuador en los últimos cuatro años los trastornos músculo-esqueléticos (TME) fueron: lumbalgia, dolor de rodilla y cervicalgia en las áreas de traumatología y cirugía. (Harari, 2009).

Por lo antes mencionado el servicio de Fisioterapia de la PUCE recibe a pacientes de la comunidad universitaria que comprende la edad de 17 a 30 años de edad que padecen algún tipo de lesión a nivel de la articulación de la rodilla.

En la presente investigación se realizó un estudio de corte transversal en la cual se describe el método más efectivo en la recuperación de fuerza muscular en pacientes con tendinopatía rotuliana. En los años 80 Stanish y Curwin proponen un programa de ejercicio excéntrico durante 6-8 semanas, con el que observan un alivio completo de los síntomas en un tercio de los casos y mejora parcial en los dos tercios restantes. (García Flores, 2007)

(Karlsson, 2002) Publicó excelentes resultados en el 70% de 81 pacientes con un protocolo de rehabilitación que combinaba ejercicios de fortalecimiento muscular concéntrico y excéntrico. La mayor parte de los pacientes mejoraron, pero especialmente los que realizaron el programa de ejercicios excéntricos: 9 de cada 10 volvieron a su actividad deportiva habitual frente 6 de 9 en el programa de ejercicios concéntricos.

En el estudio presente a continuación se utilizó el dinamómetro como instrumento primario para la toma de medidas progresivas y la encuesta para la toma de datos cuantitativos. La investigación consta

de tres partes, en el primer capítulo se redactan los aspectos básicos de la misma, que consta a su vez de planteamiento del problema, justificación, objetivos y metodología en los cuales se explica cada uno de los pasos abordados para este estudio.

A continuación en el segundo capítulo, consta del marco teórico en el cual se realiza una descripción de la compilación de estudios investigados con la asociación a los objetivos planteados. Y para finalizar el capítulo tres describe, el análisis y discusión de resultados de la presente investigación con los cuales se redactarán las conclusiones y recomendaciones.

El servicio de Fisioterapia en cuanto a etapas resolutivas de la rehabilitación se trata, utiliza el gimnasio de la PUCE como una herramienta eficaz y beneficiosa, por lo cual es relevante la recuperación de la fuerza muscular en el 35% de los pacientes jóvenes que fueron objeto de nuestra investigación, lo cual se puede relacionar con el estudio de rehabilitación que publicó (Karlsson, 2002) con una muestra de 81 pacientes recuperó al 70% con un protocolo de ejercicios excéntricos, por lo tanto se cumple con el principal objetivo de este estudio.

## **1. Capítulo I: ASPECTOS BÁSICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Según la Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SECOT), alrededor del 60% de la población general de los países industrializados sufre algún tipo de patología a nivel de la articulación de la rodilla y que requiere la atención del especialista.

Entre las lesiones más frecuentes en rodilla según (Lopez, 2013) están: las tendinopatías, la sinovitis, la condromalacia, y las lesiones de ligamentos y meniscos. Todas son afecciones muy relacionadas con los giros, saltos, sentadillas profundas y otros movimientos indispensables para la ejecución de cualquier actividad física o deportiva. Independientemente del mecanismo de producción que puede ser de diferentes índoles: sobrecarga del entrenamiento, rodilla en valgo-varo, rotula alta, condición física deficiente. (Pangrazio, 2009)

En Europa, más de dos millones de personas sufren alguna patología o trastorno de la que se necesita atención médica. Este estudio considera que siete de cada diez casos se debe a sobre-esfuerzos y mecanismos de acción con palanca fuerte en el deporte. Estos tipos de patologías producen una disminución de la fuerza muscular. (Fulkerson & Leyes, 2007)

La articulación de la rodilla debido a su localización y función está expuesta a continuos traumatismos los cuales pueden ser leves como de una gravedad considerable, las actividades cotidianas nos conllevan utilizar esta articulación de manera continua sin tener en cuenta medidas de higiene postural lo cual produce a nivel muscular un desgaste progresivo.

Las lesiones de esta articulación afectan a la mayoría de la población, sin importar su edad, género o actividad realizada en su vida cotidiana; en el siguiente estudio, se controlaron 3.363 personas durante un año registrando toda lesión sufrida y el tipo de actividad que realizaban y se observó que el

50% presentaron lesiones de rodilla, con un bajo riesgo en caminata, ciclismo y actividades cotidianas, al contrario refiere que presentan 10 veces más riesgo en deportes de alto impacto (especialmente en el grupo de 15 a 25 años) (Pakuts, 2007).

Cuando ocurre este suceso que conlleva a una afectación de cualquiera de la partes de la articulación, frecuentemente, se da un período de reposo del miembro afectado, a medida que la inmovilización del segmento durante un período de tiempo es mayor se tiene una pérdida de fuerza proporcional a este, es por ello que si bien se trata de una forma adecuada los tejidos afectados por el traumatismo, la recuperación de fuerza no se la toma en cuenta por lo cual puede ser un desencadenante de lesiones repetitivas. Según (Lopez, 2013) en un estudio, encontró, que los pacientes que fueron analizados perdieron masa muscular en forma grupal al disminuir la circunferencia del tercio distal del muslo a los tres días de su hospitalización; además, se notó en la última medición una reducción del grosor del muslo al compararla con su ingreso y medición previa. En números brutos, el menoscabo de la masa muscular fue de 2.2 y 3.7% en la segunda y tercera mediciones, respectivamente, en relación con el día de ingreso a urgencias, lo que es similar al porcentaje reportado en otros estudios.

Al tener estos traumatismos sobre esta zona dependiendo del caso nos llevará a intervenciones de diferente índole, siendo frecuentemente utilizada la inmovilización para que los elementos de la articulación puedan recuperar su propiedad, pero cuando se produce esta inmovilización no se toma en cuenta que se ha perdido un aspecto fundamental para la articulación como es la fuerza muscular, es por ello que aunque se maneja en muchos casos esta parte de la rehabilitación, no se tiene en cuenta cual es el medio terapéutico óptimo para la recuperación de la fuerza en el menor tiempo posible. Según (Ruiz J. , 2010) Si un paciente permanece inmovilizado por tres semanas pierde el 50% de la fuerza muscular.

El Doctor Cristián Fontboté, traumatólogo de la Red de Salud UC CHRISTUS, explica que las lesiones más frecuentes en rodilla son presentadas por personas llamados “guerreros” de fin de semana, donde estos se sobre-exigen realizando cualquier actividad física deportiva los sábados y domingos;

incluso son personas que no se ejercitan regularmente y al realizar estas actividades sin un entrenamiento muscular o aeróbico adecuado, y muchas veces sin haber realizado un calentamiento previo sufren lesiones por sobreuso, en las que son frecuentes las tendinopatía rotuliana o aquiliana o alguna lesión muscular.

El ejercicio en cadena cinética cerrada es usado recientemente para la recuperación de la fuerza del grupo muscular cuádriceps, pero sin tener claro en qué tiempo recupera la fuerza y que tan eficaz es tras un período traumático. (Brockett, 2001)

### **1.1.2 JUSTIFICACIÓN**

El entrenamiento de fuerza está cobrando cada día más relevancia, no solo en el alto rendimiento deportivo, sino también en el ámbito de la prevención, rehabilitación y readaptación de lesiones, así como en los programas de actividad física basada en la calidad de vida. (Ruiz D. , 2015).

La electroestimulación es usada en el campo de la rehabilitación hace décadas, cumpliendo un rol fundamental en la recuperación de la fuerza muscular, después de una lesión de rodilla. (Martinez, 2010).

Es por ello que actualmente la electroestimulación se la tiene como un medio eficaz para la recuperación de esta fuerza, pero no se tiene claro en qué tiempo y en qué medida permite la recuperación óptima. (LANZANI, 2000 ).

La pérdida de fuerza muscular conlleva a una disminución de la masa muscular, coordinación y equilibrio, por lo tanto, afecta en el desempeño laboral de cada persona que ha sido diagnosticada con tendinopatía rotuliana, siendo de importancia proporcionar un medio adecuado que conlleve a una rehabilitación oportuna.

Es necesario recordar que un correcto tratamiento para incrementar fuerza muscular ayudaría a los deportistas a tener un mayor desempeño en la actividad que realizan. Una persona que se encuentra sujeta a una o varias patologías en la articulación, busca la compensación del miembro no afectado, generando así una falta de coordinación de todo el equilibrio y además la pérdida de la propiocepción.

Existen varias técnicas en cuanto a la recuperación de la fuerza muscular; pero el objeto de estudio es el uso de la electroestimulación programa fuerza-resistencia y de los ejercicios de fortalecimiento, que actúan sobre toda la unidad musculo-esquelética. Ya que cualquiera de ellas cumple con el objetivo propuesto, puesto que actúan sobre las fibras musculares de manera concéntrica por lo que suprimen los factores negativos de tensión muscular.

En la actualidad se tiene equipos modernos que permiten una mayor comodidad tanto como para el paciente y el fisioterapeuta, la característica de estos equipos son la precisión en la forma, ondas y frecuencias, con lo que no se contaba hace pocos años siendo frecuente quemaduras en las zonas de aplicación.

Mediante categorías establecidos en estos equipos que intentan ganar fuerza muscular, se utiliza un programa el de fuerza-resistencia el cual es usado frecuentemente para su aplicación en la recuperación de fuerza y volumen sobre el grupo muscular cuádriceps; el usarlo obtiene una mejora musculoesquelética en la atrofia marcada después de un traumatismo sobre la zona de la articulación por ellos se analizará la efectividad de la electroestimulación tras el proceso traumático. (Martínez, 2010).

Hace pocos años se tiende a utilizar los ejercicios excéntricos para la recuperación de lesiones tendinosas en su etapa resolutive, al tratarse de un ejercicio que conlleva a un esfuerzo máximo sobre las estructuras, es implementado en procesos de fortalecimiento muscular en lesiones de rodilla.

En la rehabilitación se utiliza ejercicios de fortalecimiento para la recuperación de la fuerza, tras un proceso traumático, ya que es fundamental en una etapa resolutive la recuperación de todas las propiedades del músculo.

Por la tanto está dos alternativas para ganancia de fuerza muscular utilizadas actualmente, se los debe analizar para que se puede conocer cuál sería la más adecuada en el uso de los pacientes con tendinopatía rotuliana en etapa resolutive que actualmente estén acudiendo a realizar actividad deportiva de fortalecimiento del grupo muscular cuádriceps afectado, en el Gimnasio de la PUCE, el cual es objeto de elaboración del siguiente estudio a continuación.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1.1 Objetivo General:**

Identificar la efectividad del programa de electroestimulación fuerza-resistencia en comparación con el ejercicio de fortalecimiento, en la recuperación de la fuerza muscular mediante el dinamómetro.

### **2.1.2 Objetivos Específicos:**

1. Analizar el medio terapéutico adecuado para la recuperación de la fuerza muscular mediante el dinamómetro de manera progresiva.
2. Determinar en porcentajes la ganancia de fuerza muscular en la fase de recuperación de los pacientes con tendinopatía rotuliana mediante el dinamómetro.
3. Establecer los grados de fuerza muscular del grupo muscular cuádriceps antes y después del estudio realizado.

## **2.2 METODOLOGÍA**

### **2.2.1 Tipo de Estudio**

El estudio es experimental porque hay un grupo que recibió la intervención, grupo control uno: electroestimulación más ejercicio de fortalecimiento muscular y el grupo control dos que solamente recibió el protocolo de ejercicios excéntricos. La investigación es del tipo analítico ya que requiere analizar el medio terapéutico adecuado con el fin de obtener los puntos planteados en los objetivos específicos. Finalmente el estudio es longitudinal porque se realizó cuatro intervenciones en un mes de la toma de medidas inmediatas de la pierna izquierda y derecha, esto progresivamente en la primera, segunda y tercera semana con la ayuda del dinamómetro para obtener medidas exactas los cuales son representados en los gráficos de distribución de porcentajes.

### **2.2.2 Población y muestra**

Es estudiada toda la población (N = 41) que fue diagnosticada con tendinopatía rotuliana en el transcurso de estos últimos tres meses y que realizan fortalecimiento del grupo muscular cuádriceps como etapa resolutive de la rehabilitación en el Gimnasio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en la ciudad de Quito los meses de Junio – Agosto del 2016.

### **2.2.3 Fuentes, Técnicas e Instrumentos**

#### Técnicas

Se realizó una entrevista a la población (N=41) en el interior del Gimnasio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

#### Instrumento

Se ejecutó una encuesta a la población (N=41) con las siguientes variables: género, edad, actividad física, lateralidad y lado afectado, con su respectivo consentimiento informado para que los datos sean válidos para el desarrollo del siguiente estudio.

Se usó el dinamómetro de miembro inferior el cual es un instrumento para medir fuerzas, "el dinamómetro más elemental consta de un muelle de acero que termina en un gancho, dentro de un tubo cilíndrico graduado; el dinamómetro se basa en la proporcionalidad directa que existe entre la fuerza aplicada y la deformación que produce en los materiales elásticos"

#### Consentimiento informado

Se aplicó a la población de estudio un formato para la participación voluntaria en la investigación, donde los pacientes y o estudiantes no solo autorizan la publicación de los datos obtenidos, sino que además permiten que estos datos se guarden en un repositorio de datos abierto a la comunidad científica para su análisis.

#### **2.2.4 Criterios de Inclusión**

Pacientes masculinos y femeninos deportistas, que diariamente acuden al Gimnasio PUCE por fortalecimiento del grupo muscular cuádriceps en etapa resolutive tras un diagnóstico de tendinopatía rotuliana.

- Pacientes diagnosticados con tendinopatía rotuliana en etapa resolutive que actualmente acuden al Gimnasio PUCE.
- Pacientes que se realicen actividad deportiva más de dos veces por semanas en el Gimnasio PUCE.
- Pacientes que estén dispuestos a colaborar con la investigación mediante una entrevista.

#### **2.2.5 Criterios de Exclusión**

No entran al estudio, pacientes deportistas en las primeras fases de resolución, con fuerza muscular normal y que han estado en los centros de terapia física un período de más de tres meses.

- Pacientes cuya rehabilitación no incluya un proceso traumático a nivel de rodilla y que limiten la participación en el estudio.
- Pacientes que no estén realizando ejercicios de recuperación de la fuerza muscular mediante los equipos de rehabilitación mencionados en el proceso de investigación.
- Pacientes que se encuentren en fase aguda.
- Pacientes que no quieran colaborar con el estudio.

#### **2.2.6 Plan de análisis**

Se asiste cinco días a la semana durante dos horas de lunes a viernes al Gimnasio PUCE en la ciudad de Quito en los meses de Junio – Agosto de 2016.

Mediante la observación, la encuesta, tablas de seguimiento de la evolución progresiva de fuerza a través de la toma de medidas, se hacen registros cuantitativos de los diferentes avances que se dan en la recuperación de la fuerza muscular a nivel del grupo muscular cuádriceps por medio de los ejercicios de rehabilitación mencionados; además se utiliza el programa Excel, el mismo que nos permitirá trabajar con la recopilación y registro de datos y el programa SPS para la interpretación de los mismo a través de gráficos porcentuales de manera fácil y eficaz.

Todos los viernes de cada semana mediante el dinamómetro se realizará una medición de la fuerza muscular a nivel del grupo muscular cuádriceps, de esa manera se irá valorando mediante la comparación la efectividad de los medios de electroestimulación como de ejercicios para la recuperación de la fuerza muscular, los dos medios terapéuticos son utilizados en igualdad de tiempo para concluir con el estudio.

Los análisis descriptivos fueron hechos mediante frecuencias, promedios y desviaciones estándares. Para la comparación de los inter-sujetos (experimental/control) en relación a la resistencia máxima de las piernas (derecha/izquierda) de las cuatro mediciones (intra-sujetos), inmediato, primera, segunda y tercera semana, fueron hechos pruebas de normalidad y esfericidad de Mauchly y posteriormente ANOVA de medidas repetidas. El nivel de significancia aceptado fue de 5%.

## **2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANATOMÍA DEL GRUPO MUSCULAR CUÁDRICEPS**

#### **2.1.1 Generalidades**

Las partes óseas que componen la articulación de la rodilla son el fémur distal, la tibia proximal y la rótula.

La diáfisis del fémur presenta una convexidad anterior; sufre una torsión medial alineando los cóndilos respecto al eje de carga de la extremidad inferior. Esta alineación se debe en parte a la anteversión presente a nivel del extremo proximal de la tibia. (Mangine, 2013).

El fémur distal se acampana en dos cóndilos de carga separados posteriormente por la fosa intercondílea. Anteriormente los cóndilos femorales se unen para formar el surco troclear cóncavo que proporciona una superficie articular a la rótula. Los cóndilos se extienden posteriormente para acomodarse al grado de flexión a nivel de la rodilla.

Los cóndilos y el surco de la tróclea están cubiertos de cartílago hialino que ayuda al movimiento y a la carga de peso. En ambos cóndilos existen epicóndilos. El epicóndilo interno es el lugar de inserción del aductor mayor que se inserta por su parte superior en el tubérculo aductor. Esta región también sirve de inserción al ligamento colateral interno. El epicóndilo externo sirve como origen del ligamento colateral externo, así como de la cabeza externa de los gemelos que emergen de la parte postero-superior de esta región. La cabeza interna de los gemelos se origina a partir de la superficie correspondiente del cóndilo opuesto. El epicóndilo externo posee una muesca que se extiende bajo el ligamento cóndilo externo que sirve como canal para el tendón poplíteo (Mangine, 2013).

Los cóndilos femorales externo e interno son convexos en los planos frontal y sagital. Además ambos cóndilos tienen un eje anteroposterior (AP) mayor que el eje transversal. El cóndilo interno se acampana posterior y medialmente desde la diáfisis del fémur. El cóndilo femoral externo está más

alineado con la diáfisis del fémur que el cóndilo interno, además de que este tiene mayor altura a lo largo del surco troclear, protegiendo de la subluxación lateral de la rótula. (Mangine, 2013)

La tibia está compuesta de dos mesetas tibiales separadas por las eminencias intercondíleas interna y externa o espinas tibiales. Durante la flexión, estas espinas se proyectan en el interior de la muesca intercondílea del fémur, facilitando la rotación tibial a lo largo del eje largo de la tibia. La meseta tibial es cóncava tanto en el plano sagital como en el frontal.

La meseta tibial externa difiere de la interna en dos aspectos. Primero el ángulo postero-externo sobresale de la diáfisis de la tibia, permitiendo que una faceta se articule con la cabeza del peroné. En segundo lugar, a pesar de que la meseta externa mantiene su concavidad en el plano frontal, es convexa en el plano sagital. Esta diferencia en la geometría de las mesetas tibiales indica movimientos diferentes entre las superficies articulares de los compartimientos interno y externo, particularmente durante la rotación de la tibia en el fémur. (Mangine, 2013).

En cuanto a los componentes de partes blandas de la rodilla esta posee dos meniscos compuestos de fibrocartílago, estos realizan dos funciones mecánicas. Actúan manteniendo el espacio articular sirviendo como amortiguadores del golpe cuando se reciben fuerzas de compresión en la rodilla y mejoran la congruencia de la articulación. Los meniscos se mueven durante la flexión, la extensión y la rotación de la rodilla. El menisco interno posee un movimiento menor en comparación al menisco externo, de entre 6-7mm y 12mm respectivamente. (Mangine, 2013)

Durante la extensión los meniscos son empujados hacia afuera. Esto lo realizan los ligamentos meniscopatelares que transmiten la tensión generada por la contracción del grupo muscular cuádriceps. (Mangine, 2013)

La capsula sinovial de la rodilla es la más grande en el ser humano y encapsula los cóndilos femorales y las mesetas tibiales. La estabilidad dinámica se produce gracias a las inserciones de los

tendones musculares que se combinan con la capsula. Este rodea todas las superficies articulares y se inserta en el hueso que se encuentra perforado por agujeros vasculares a lo largo de esta zona.

Los ligamentos femoro-rotulianos actúan, junto con el retináculo, para proporcionar estabilidad pasiva de la rótula en dirección mediolateral. En la mitad de la capsula interna existen dos divisiones del ligamento medial o tibial colateral. La porción profunda del ligamento consiste en una banda de fibras orientadas verticalmente que tira desde el borde del cóndilo femoral interno a la periferia de la meseta tibial interna, con una fuerte inserción en el menisco interno. (Mangine, 2013)

### 2.1.2 Grupo muscular Cuádriceps

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Características
Vasto intermedio	Se inserta superiormente en los tres cuartos superiores de la cara anterior y lateral del fémur, así como en los bordes mediales y laterales. (Rouviere, 2006)	Inserciones terminales anteriores de la parte medial del cuerpo del fémur o solo la ocupa ligeramente, mientras lateralmente hasta la línea áspera del mismo hueso. (Rouviere, 2006)	Extensión de rodilla	Gran diámetro con curvas cerca del canal del fémur y de esa manera presentando concavidad y convexidad hacia las caras anteriores y laterales del fémur. (Rouviere, 2006)
Vasto medial	Su origen es en la línea áspera pero específicamente lo hará en su labio medial y en su trifurcación superior, y se extiende hasta la parte inferior de la línea trocantérea. (Rouviere, 2006)	En la línea áspera hasta su inserción distal en el tendón del cuádriceps.	Extensión de rodilla	El músculo vasto medial es una lámina muscular de gran diámetro, y dispuesto medial respecto al vasto intermedio y cubriendo medianamente al fémur. (Rouviere, 2006)

Vasto lateral	Línea áspera que se presenta de manera rugosa y continua que va de arriba hacia abajo desde varios segmentos: en el primero se encuentra por la cresta rugosa del trocánter mayor, luego por la cresta lateral limitante del trocánter mayor y por la parte extrema de la parte del labio de la tuberosidad del glúteo la vertiente lateral de la línea áspera. (Rouviere, 2006)	Termina en una aponeurosis que sea estrechando hasta su terminación en el tendón de la rótula.	Extensión de rodilla	Está en relación lateral al vasto intermedio en su parte anterior y directamente en su inserción en la línea áspera que se presenta de manera rugosa. (Rouviere, 2006)
Recto femoral	Este se origina en el hueso coxal y se adhiere por medio de tendones cortos pero de gran diámetro, uno de los tendones se lo denomina directo y se inserta en la espina iliaca antero inferior del hueso coxal, el tendón reflejo cuya forma es aplanada va directo a la parte inferior de la ceja acetabularia. (Rouviere, 2006)	Los dos tendones se unen cerca de la superficie coxal y descienden juntos hacia la parte medial del fémur y cuyos vientres musculares forman una estructura muy ancha de anterior a posterior terminando así en una lámina que va hacia la parte posterior del muslo y formar el tendón del músculo cuádriceps femoral. (Rouviere, 2006)	Flexión del muslo sobre la pierna. (Rouviere, 2006)	Está ubicado el parte anterior y medial del fémur pero por ser el más superficial se dice que está en la parte medial del muslo siendo así el más anterior respecto a todos los músculos de los cuádriceps. (Rouviere, 2006)

FUENTE: Anatomía Humana Descriptiva Topográfica Funcional (Rouviere, 2006)

ELABORADO POR: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

## 2.2. BIOMECÁNICA DE LA RODILLA

La aplicación del concepto de biomecánica se presta rápidamente a la correlación del examen clínico al mecanismo de lesión durante la valoración diferencial de la patología articular. La función correcta de la rodilla requiere la máxima movilidad mientras se conserva la máxima estabilidad sobre todo durante las actividades atléticas y cotidianas. Cuando se produce una lesión de la rodilla puede producirse una grave afectación funcional. (Mangine, 2013)

La rodilla es la articulación intermedia del miembro inferior. Principalmente, es una articulación de un solo grado de libertad la flexo-extensión que le permite aproximar o alejar en mayor o menor medida el extremo del miembro de su raíz o lo que viene a ser lo mismo regular la distancia del cuerpo con respecto al suelo.

Según (Kapandji, 2011) la articulación de la rodilla posee de manera accesoria un segundo grado de libertad; la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que únicamente aparece cuando la rodilla esta flexionada.

La rodilla posee una gran estabilidad en extensión máxima, posición en la que la rodilla hace esfuerzos importantes debido al peso del cuerpo y a la longitud de los brazos de palanca; además adquiere una gran movilidad a partir de cierto ángulo de flexión, movilización que es necesaria en la carrera y para la orientación optima del pie en relación a las irregularidades del terreno. (Kapandji, 2011)

En flexión, posición en la que la rodilla tiene inestabilidad, la rodilla está expuesta al máximo a lesiones ligamentosas y meniscales.

En extensión es más vulnerable a las fracturas articulares y a las rupturas ligamentosas.

### **2.2.1 Los ejes de la articulación de la rodilla**

El primer grado de libertad está condicionado por el eje transversal, alrededor del cual se efectúan movimientos de flexo-extensión en un plano sagital. Dicho eje transversal incluido en un plano frontal, atraviesa horizontalmente los cóndilos femorales. (Kapandji, 2011)

Teniendo en cuenta la forma “en voladizo” del cuello femoral, el eje longitudinal de la diáfisis femoral no está situado, exactamente, en la prolongación del eje del esqueleto de la pierna y forma con este último un ángulo obtuso, abierto hacia afuera de 170-175 grados; se trata del valgus fisiológico de la rodilla. (Kapandji, 2011)

Los tres centros articulares de la cadera (C), de la rodilla (O), y del tobillo (T) están alineados en una misma recta COT, que representa el eje mecánico del miembro inferior. El eje mecánico CO forma un ángulo aproximado de 6 grados con el eje del fémur.

Por otra parte, el hecho de que las caderas estén más separadas entre sí que los tobillos, hace que el eje mecánico de miembro inferior sea ligeramente oblicuo hacia abajo y adentro, formando un ángulo de 3 grados con la vertical, Este ángulo es aún más abierto cuanto más amplia sea la pelvis como en el caso de las mujeres. Según (Kapandji, 2011) esto explicaría porque el valgo fisiológico de la rodilla está más acentuado en la mujer que en el hombre.

Al ser la horizontal, el eje de flexo-extensión, no constituye, la bisectriz (Ob) del ángulo de valgus; se miden  $81^\circ$  entre eje transversal y el eje del fémur y  $93^\circ$  entre el eje transversal y el eje de la pierna. De lo cual se deduce que en máxima flexión el eje de la pierna no se sitúa exactamente detrás del eje del fémur, si no por detrás y un poco hacia dentro, lo que desplaza el talón hacia el plano de simetría; la flexión máxima hace que el talón contacte con los glúteos, a la altura de la tuberosidad isquiática.

El segundo grado de libertad consiste en la rotación alrededor del eje longitudinal de la pierna, claramente individualizado con la rodilla en flexión. La estructura de la rodilla hace esta rotación imposible cuando la articulación esta en máxima extensión; el eje de la pierna se confunde entonces con el eje mecánico del miembro inferior y la rotación axial ya no se localiza en la rodilla si no en la cadera que la sule.

### **2.2.2 Los desplazamientos laterales de la rodilla**

Además de sus variaciones fisiológicas según el sexo, el ángulo de valgus sufre variaciones patológicas según los individuos. Cuando el citado ángulo se invierte se trata de un genu varum; el centro de la rodilla, representado por la fosa interespinosa de la tibia y la fosa intercondílea del fémur se desplaza hacia afuera. El genu varum se puede apreciar de dos formas según (Kapandji, 2011):

Por la medición del ángulo entre el eje diafisario del fémur y el de la tibia: es más grande que su valor fisiológico de  $170^\circ$ , por ejemplo  $180$  o  $185^\circ$ , lo que representa una inversión del ángulo obtuso.

Por la medición del desplazamiento externo del centro de la rodilla con respecto al eje mecánico del miembro inferior por ejemplo  $10-15$  o  $20\text{mm}$ .

Por el contrario el genu valgum corresponde a un cierre del ángulo de valgus por desplazamiento interno, también hay dos métodos posibles para detectar el genu valgum según (Kapandji, 2011):

Por la medición del ángulo de ejes diafisarios que forman el fémur y la tibia cuyo valor esta entonces por debajo del ángulo fisiológico del  $170^\circ$ .

Por la medición de desplazamiento interno del centro de la rodilla con respecto al eje mecánico del miembro inferior por ejemplo de  $10-15$  o  $20\text{ mm}$ .

### **2.2.3 Los movimientos de flexo-extensión**

La flexo-extensión es el movimiento principal de la rodilla. Su amplitud se mide a partir de la posición de referencia definida de la siguiente manera: el eje de la pierna se sitúa en la prolongación del eje del muslo. De perfil, el eje del fémur se continúa sin ninguna angulación, con el eje del esqueleto de la pierna. En la posición de referencia el miembro inferior posee su máxima longitud. (Kapandji, 2011)

La extensión se define como el movimiento que aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo. A decir verdad no existe una extensión absoluta, ya que en la posición de referencia el miembro inferior ya está en su máximo estado de alargamiento. Sin embargo es posible realizar sobre todo pasivamente, un movimiento de extensión de  $5$  a  $10^\circ$  a partir de la posición de referencia; este movimiento recibe el nombre de hiperextensión, el cual en algunos individuos, esta acentuado por razones patológicas, provocando entonces un genu recurvatum.

La extensión activa, rara vez sobrepasa y por poco, la posición de referencia y esta posibilidad depende esencialmente de la posición de la cadera: de hecho, la eficacia del músculo recto femoral, como extensor de la rodilla, aumenta con la extensión de la cadera. Lo que significa que la extensión previa de la cadera prepara a extensión de la rodilla. (Kapandji, 2011).

La extensión relativa es el movimiento que completa la extensión de la rodilla, a partir de cualquier posición de flexión; se trata del movimiento que se efectúa normalmente durante la marcha, cuando el miembro “oscilante” se desplaza hacia delante para contactar con el suelo.

La flexión es el movimiento que aproxima la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo. Existen movimientos de flexión absoluta, a partir de la posición de referencia, y movimientos de flexión relativa, a partir de cualquier posición en flexión.

### **2.3 TENDINOPATÍA ROTULIANA**

Las lesiones del tendón rotuliano representan un gran problema a nivel deportivo, a pesar de esto el manejo clínico continúa siendo de gran parte de manera empírica, ya que existe falta de estudios los cuales estén bien diseñados. (Alfonso, 2008)

#### **2.3.1 Anatomía Patológica**

Al observar un tendón patológico en una vista microscópica se puede determinar la pérdida de colágeno, incremento de la sustancia fundamental, la vascularización y la celularidad. Los fibroblastos y miofibroblastos están en una cantidad importante mientras que células inflamatorias se encuentran totalmente ausentes, es por ello que en un periodo crónico las células de tipo inflamatorio están ausentes. (Alfonso, 2008)

### **2.3.2 Manifestaciones clínicas típicas**

En el paciente con tendinopatía rotuliana el dolor de la rodilla puede comenzar de forma insidiosa. Los pacientes que recuerdan cuando comenzó el origen del dolor refieren que se dio previo a una sesión de entrenamiento pesado, por una frecuencia variada de actividad física o por un gesto deportivo específica que desencadenaba el dolor. (Alfonso, 2008)

El dolor se encuentra generalmente localizado en la parte antero inferior de la rótula aunque a menudo refieren que se localiza en el polo inferior inclusive antes de acudir al servicio médico, en los primeros días de evolución clínica, el dolor y la molestia pueden desaparecer cuando el paciente realiza ejercicio, por lo tanto no se le presta mucha atención a este malestar que si se observa su avance en un período más prolongado habrá un mayor grado de dolor limitando el rendimiento deportivo y por último la molestia se ve en la actividades de la vida diaria e incluso en reposo. (Visnetini, 2008)

El examen físico pone de manifiesto una sensibilidad en la unión de la zona entre la rótula y el tendón rotuliano especialmente cuando la rodilla se encuentra ligeramente flexionada, esta afectación clínica recibe diferentes nombres como: rodilla de saltador, tendinopatía rotuliana, tendinosis rotuliana o tendinitis rotuliana. (Alfonso, 2008)

Hay diferentes pruebas semiológicas que permiten la evaluación y diagnóstico de la inflamación del tendón rotuliano, pero la más utilizada es la palpación del polo inferior de la rótula en donde se inserta el tendón rotuliano, es importante diferenciar entre un dolor leve que puede ser característico de la mayoría de la población y deportistas que realizan actividad de pie por más de tres veces a la semana, solo la intensidad intensa y moderada ante la palpación se la puede tomar como signo de anomalía tendinosa. (Brukner, 2001)

Los pacientes que estén en una etapa crónica de la enfermedad pueden presentar atrofia y debilidad del grupo muscular cuádriceps en el vasto medial con una posible disminución del diámetro del muslo,

es importante hacer una evaluación de la fuerza a nivel del músculo mediante 15 descensos de escalón como apoyo unipolar siendo importante observar la fatiga como la calidad del movimiento. (Alfonso, 2008)

### **2.3.3 Tratamiento conservador de la tendinopatía rotuliana**

Dado la sorprendente falta de fundamentos científicos en el tratamiento de esta patología, el tratamiento quirúrgico y conservador varía de una región a otra, desafortunadamente hay poca evidencia científica para la mayoría de los tratamientos terapéuticos propuestos que se usan en la actualidad, los tratamientos conservadores se analizarán de la siguiente manera: disminución de la carga sobre el tendón, fortalecimiento excéntrico, crioterapia y modalidades físicas, incluyendo los ultrasonidos y el láser, masaje terapéutico y tratamiento farmacológico. (Jozsa, 2010)

- Disminución de la carga sobre el tendón

En la correcta biomecánica de un deportista la capacidad de absorción del impacto se encuentra mejor distribuida entre la zona de rodilla cadera y tobillos, cualquier afectación sobre cadera o tobillos incrementa potencialmente la energía descargada sobre la rodilla afectada, el 40% de carga es absorbida a nivel proximal es decir en el tobillo para después seguir una trayectoria rectilínea hacia el complejo del tendón rotuliano, en comparación con la caída con el pie plano, la caída con el antepie genera una fuerza de reacción del suelo más pequeña. Si se combina esta técnica con una reacción amplia de cadera y rodilla se puede reducir la fuerza de reacción vertical al suelo en un 25%. (Prapavessis, 2009)

Lo que se trata de demostrar con esto es que el tratante debe hacer una evaluación de la alineación estática y dinámica del paciente y la biomecánica funcional, ya que existen evidentes anomalías anatómicas que se pueden observar en una evaluación estática, pero otros movimientos solo pueden ser observados de forma dinámica. (Khan, 2009)

Las alteraciones biomecánicas tiene su origen en función y anatomía, si se analiza la anatomía se distinguen varios aspectos como lo es la falta de flexibilidad del cuádriceps, de los isquiotibiales, del tracto iliotibial y del tríceps sural, puede distinguir el movimiento de las articulaciones del tobillo, cadera y rodilla aumentado la carga sobre el tendón afectado. (Alfonso, 2008)

La prevalencia de la tendinopatía rotuliana guarda una estrecha relación con la retracción de los isquiotibiales. La debilidad de los glúteos, abdominales inferiores, el grupo muscular cuádriceps y tríceps sural producen movimiento no tan comunes que son dados por la fatiga muscular lo que puede llegar afectar a las fuerzas que actúan sobre la rodilla. Es por ello que ante una tendinopatía rotuliana crónica se debe evaluar los grupos musculares proximales y distales. (Cook, 2000)

#### **2.3.4 Protocolo de ejercicios excéntricos**

Se considera al ejercicio excéntrico como una parte fundamental y clave para la recuperación del paciente que ha tenido una tendinopatía.

En la carga excéntrica del tendón rotuliano, la sentadilla es un ejercicio fundamental, el cual debe estar entre los 100 a 120 grados de flexión de rodilla, este programa terapéutico hace hincapié en el entrenamiento específico, la carga máxima y la progresión. La carga máxima se produce cuando el paciente nota dolor en su tendón en la tercera serie de 10 repeticiones, la progresión se consigue incrementando la velocidad del movimiento o la resistencia externa utilizando el dolor nuevamente como guía. Después del entrenamiento excéntrico se emplea hielo para enfriar el tendón, se considera que deportistas no necesitan dejar su actividad en la fase de fortalecimiento y pueden llegar a estar asintomáticos a la octava semana de tratamiento, este tratamiento mejora al 30% de pacientes mientras que mejora la molestia en 64% de los pacientes. (Alfonso, 2008)

Se debe tener en consideración que el fortalecimiento se debe hacer en un tiempo adecuado ya que este es una duda que tiene la mayoría de fisioterapeutas, la mayoría de pacientes aunque presenten una

alteración mayor serán capaces de poder realizar ejercicio de fortalecimiento a nivel de tríceps sural y trabajo isométrico en el grupo muscular cuádriceps. Los deportistas que no tengan mayor grado de dificultad estarán sometidos a un programa más intenso de fortalecimiento junto con potencia y velocidad. (Alfonso, 2008)

El dolor como capacidad músculo esquelética deben ser la manera de guiarse para el fortalecimiento, si el dolor empieza a limitar el trabajo de fortalecimiento se debe empezar con una guía diferente el cual debe ser libre de dolor y sin síntomas tardíos; si el dolor está bajo control el médico deberá evaluar la calidad y el dominio que se tenga sobre los ejercicios y de esa manera pensar en seguir con el programa establecido de rehabilitación, (Alfonso, 2008) afirma que el deportista tiende a descargar el miembro afectado por lo tanto se pueden observar durante la fase de tratamiento patrones atípicos de movimiento, la mayoría de rehabilitadores sostiene que el ejercicio del grupo muscular cuádriceps es el único que tiene cabida en el proceso de fortalecimiento, siempre teniendo cuidado en que no sean protagonistas otros músculos como los glúteos o las pantorrillas, lo cual es posible mediante ejercicios de sentadillas, conjuntamente con la ayuda del fisioterapeuta que controlará los ejercicios tanto en velocidad como resistencia. (Alfonso, 2008)

El fracaso de estos programas se puede dar por diversas causas entre ellas son la progresión demasiado rápido de la rehabilitación, cargas inapropiadas, trabajo excéntrico demasiado agresivo, trabajo insuficiente en apoyo monopodal, excesivas modalidades de electroterapia, falta de control de los síntomas del paciente durante el trabajo de rehabilitación. (Alfonso, 2008)

### **2.3.5 Tendinopatía rotuliana origen del dolor**

El propósito de este capítulo es contestar a la pregunta: ¿Cuál es el origen de dolor de la tendinopatía rotuliana? Aunque la respuesta sería las células inflamatorias probablemente esto es incorrecto. Este tema es relevante desde el punto de vista clínico por que el tratamiento del paciente será más oportuno cuando comprendamos que es lo que causa dolor en la tendinopatía rotuliana. (Alfonso, 2008)

Se acepta ampliamente que el sobreuso del tendón rotuliano provoca inflamación y por lo tanto dolor. Así mismo los estudios mediante ecografía y resonancia magnética (RM) han puesto de manifiesto la presencia de <fluido inflamatorio> alrededor de los tendones rotulianos sintomáticos.

Macroscópicamente, el tendón rotuliano de los pacientes con tendinopatía rotuliana contiene un tejido de consistencia blanda y desorganizado, de color amarillo pardusco, en su porción posterior profunda, adyacente al polo inferior de la rótula, esta apariencia es descrita como degeneración mucoide.

Un hallazgo constante en diferentes estudios, arroja la degeneración del colágeno, junto con una fibrosis variable y neovascularización.

### **2.3.6 Modelos mecánicos para explicar el dolor del tendón rotuliano**

Los modelos mecánicos comprenden los que atribuyen el dolor a una lesión de las fibras de colágeno y los que se asocian con un *impingement tisular*.

- Ruptura de las fibras de colágeno y dolor en el tendón rotuliano: este modelo se basa en la premisa de que las fibras de colágeno no son origen de dolor cuando están intactas pero si cuando se rompen.
- Impingement tisular como causa del dolor del tendón rotuliano: tanto el tendón rotuliano como la grasa infrapatelar se encuentran en una localización donde podrían sufrir una compresión por parte de la rótula y el extremo proximal de la tibia.
- Impingement tendinoso como mecanismo de producción del dolor: (Jhonson, 2010) argumenta que el fracaso del tendón rotuliano ante un estrés de tensión afectaría más a las fibras a las fibras superficiales que a las profundas.
- Impingement de la grasa infrapatelar como mecanismo de producción del dolor: al considerar el papel de la grasa infrapatelar en el dolor anterior de la rodilla hay que diferenciar dos

situaciones: a) el dolor de la tendinopatía rotuliana se atribuye a la grasa infrapatelar b) la grasa infrapatelar se considera causa de dolor anterior de la rodilla.

(PM Aichroth, 2005) Plantea que la grasa infrapatelar desempeña un papel importante en la producción de dolor intenso en la tendinopatía rotuliana, cuando se adhiere a la cara posterior del tendón rotuliano y provoca una sinovitis. La grasa infrapatelar es una estructura extremadamente sensible con abundantes nociceptores.

### **2.3.7 Modelo bioquímico para explicar el dolor de la tendinopatía.**

Si se descarta el modelo inflamatorio para explicar la génesis del dolor y existen reservas sobre un modelo puramente mecánico por las razones anteriormente expuestas, el modelo bioquímico se presenta como una alternativa muy atractiva.

(Nirschl, 2000) Afirmó que la causa de dolor en la tendinitis es una irritación química debida a una anoxia regional y a la falta de células fagocíticas para eliminar productos nocivos de la actividad celular.

Así el dolor de la tendinopatía puede estar causado por factores bioquímicos que activan a los nociceptores peritendinosos.

Los agentes nocivos podrían incluir sustancias de la matriz y colágenos menores que solo actualmente se está caracterizando en tejidos normales. El condroitín sulfato que se libera cuando se lesiona el tendón puede estimular los nociceptores. En la rodilla los nociceptores se localizan en las aletas rotulianas, la grasa infrapatelar, la sinovial y el periostio, y todas estas estructuras pueden desempeñar un papel en el mecanismo de producción de dolor en la tendinopatía rotuliana.

### **2.3.8 ¿Puede el modelo bioquímico explicar el efecto terapéutico de los ejercicios de fortalecimiento excéntrico?**

El mecanismo por el cual los ejercicios de fortalecimiento excéntrico reducen el dolor de la tendinopatía no está completamente claro.

(AJ Banes, 2010) Proporcionó pruebas de que los tenocitos se comunican entre sí por medio de uniones intercelulares comunicantes y de su citoesqueleto.

Este autor ha utilizado modelos animales in vivo, especímenes de tendones intactos y cultivos celulares para investigar la relación entre carga mecánica y reparación de los tenocitos. (AJ Banes, 2010) Constató que la aplicación de una carga mecánica sobre la membrana celular provoca en el núcleo del tenocito un incremento de la transcripción génica y de la síntesis de proteínas.

(AJ Banes, 2010) Concluye que los programas de fortalecimiento muscular excéntrico parecen reducir el dolor en la tendinopatía, es decir proporcionan el tipo de estímulo mecánico que promueve la producción de ADN y colágeno.

El modelo de (AJ Banes, 2010) y los datos de que de él se desprenden están en conciencia con los hallazgos clínicos de que es posible estimular la reparación del tendón con cargas mecánicas.

### **2.3.9 Otros mecanismos potenciales para explicar el dolor del tendón rotuliano.**

Otros tejidos que podrían desempeñar un papel en la producción de dolor en el tendón serían los nervios, los vasos y el hueso, los cuales están estrechamente relacionados con el tendón. No se debe olvidar tampoco el paratendón, que está más ricamente vascularizado e inervado que el propio tendón.

(Hart, 2005) Ha propuesto que la proximidad entre los elementos neurales y los mastocitos del tejido tendinoso permitirá que la unidad mastocito-neurita se estimulara provocando lo que han denominado “inflamación neurogénica”.

## **2.4 EL EJERCICIO EXCÉNTRICO EN LA RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR**

En los últimos años se ha empezado a utilizar el ejercicio excéntrico como un medio efectivo al momento de la rehabilitación integral, este ejercicio se lo emplea frecuentemente con trabajo isocinético o isotónico. (Carolyn Kisner, 2006)

El ejercicio excéntrico se caracteriza por el movimiento dinámico que se logra al tener una fuerza externa mayor a la que se logra mediante la fuerza muscular es decir fuerza interna, es un trabajo de tipo negativo y que se utiliza muchas de las actividades de nuestra vida cotidiana al igual que en cambios de dirección, momento y amortiguamiento en ejercicios o actividades funcionales de cadena cinética cerrada. (Carolyn Kisner, 2006)

Una de las características importantes al momento de tener en cuenta el ejercicio excéntrico es la capacidad de generar una mayor cantidad de fuerza que el movimiento concéntrico al igual que mayor tensión que el movimiento isométrico, siendo actualmente muy utilizadas al momento de rehabilitación física de un paciente postraumático. (Carolyn Kisner, 2006)

Su eficacia en comparación con la contracción concéntrica es evidente, mediante el trabajo excéntrico se logra una menor activación de unidades motoras para controlar una misma carga, es decir que con el mismo peso se tiene un menor esfuerzo y mejor control mediante un ejercicio de estiramiento, al momento de realizar la rehabilitación en pacientes que sufrieron un trauma, el ejercicio de tipo excéntrico será más fácil de realizar, es así que cuando realizamos el movimiento al principio se debe tener solo el peso del ambiente es decir que no supere la fuerza de gravedad en las primeras fases de tratamiento, pero mientras se vaya teniendo una recuperación paulatina de la fuerza se tendrá que colocar pesos superiores es decir máquinas que nos permitan un mayor esfuerzo al momento de realizar el movimiento excéntrico. (Carolyn Kisner, 2006)

Cuando se implementa trabajo excéntrico en las primeras fases de rehabilitación se podrá trabajar con un mayor peso al momento de trabajar fuerza, lo cual nos ayudara a que el tiempo de esta recuperación sea mucho menor, se puede controlar la tensión máxima con el movimiento excéntrico ya que la cantidad máxima de tensión se logra mediante es tipo de movimiento de separación de las inserciones musculares, cuando el paciente empiece a retomar hacia sus actividades diarias tanto cotidianas como deportivas se implementará un ejercicio excéntrico de gran velocidad con una carga que sea moderada ya que actividades de excéntrico a concéntrico preparan al paciente para que pueda tolerar ejercicio de gran intensidad y que requieran un control en los cambios de dirección . (Carolyn Kisner, 2006)

La contracción excéntrica consume menos oxígeno y menos cantidad de energía que cuando se realiza una contracción o ejercicio de tipo concéntrico, cuando se planea mejorar la capacidad aeróbica se desarrollara mayor resistencia a la fatiga siempre y cuando haya un entrenamiento muscular excéntrico, se hace referencia al bajar cuestas o calles inclinadas para el grupo muscular cuádriceps. (Carolyn Kisner, 2006)

Las especificidades de los ejercicios excéntricos no está muy entendida, cuando se habla de un entrenamiento con este tipo de ejercicio, es así que se sabe que cuando se entrena la fase de recuperación se tiende a recuperar fuerza para los cambios de posición y balance es decir actividades netamente excéntricas pero sin evidencia del aumento para las actividades de tipo concéntrico, el entrenamiento mediante equipos isoinerciales han sido implementados con periodos cortos y por lo tanto no se tiene claro la efectividad en la ganancia de fuerza concéntrica. (Carolyn Kisner, 2006)

#### **2.4.1 Precauciones para el ejercicio excéntrico**

Se puede dar una presión excesiva sobre el sistema cardiovascular debido a una respuesta de presión que se tiene al realizar el ejercicio excéntrico por ello se debe tener cuidado con paciente que tengan problemas de hipertensión o insuficiencia cardiaca. (Carolyn Kisner, 2006)

La mialgia es más prolongada cuando se realiza ejercicio excéntrico debido a que se producen mayor cantidad de micro traumatismos y daño de tejido conectivo por lo tanto en las primeras fases está contraindicado el uso de cargas máximas en la realización de ejercicio excéntrico en todos los pacientes, los estudios realizados asocian la mialgia al ejercicio lento y de esfuerzo máximo. (Carolyn Kisner, 2006)

#### **2.4.2 Tipos de contracción utilizados en la recuperación de la fuerza muscular**

Dentro del entrenamiento de la fuerza muscular y de potencia se utiliza diferentes tipos de contracción muscular, las más utilizadas principalmente en competidores y personas que realizan actividad física moderada son los siguientes (Barbier, 2000):

**Contracción Isométrica o estática.-** Se realiza una tensión sobre todo el vientre muscular pero no se realiza el movimiento de la palanca o articulación ósea, este tipo de trabajo muscular no resulta tan efectivo sobre la masa muscular al momento de potenciar o fortalecer como el logrado mediante ejercicio excéntrico, el efecto sobre la vascularización es nulo. Este trabajo no es muy utilizado en el campo deportivo excepto en circunstancias muy concretas como puede ser ganar fuerza sobre una zona muy específica o en deportes los cuales se maneje este tipo de contracción en la realización de un gesto motor. (Barbier, 2000)

**Contracción Anisométrica.-** En este tipo de contracción existe movimiento de palanca ósea ya que la fuerza muscular sobrepasa a la ejercida por el medio externo es así que esta se caracteriza por el estiramiento muscular seguido de un acortamiento de sus fibras, estas contracciones se realizan en la mayoría de gestos deportivos juntos con los movimientos de tipos polimétricos, siendo la suma de fuerzas dado por la miosina y actina determinante al momento de realizar el gesto deportivo de elasticidad y acortamiento muscular. (Barbier, 2000)

Contracción concéntrico o de acortamiento.- Se realiza cuando la fuerza de contracción muscular sobrepasa la fuerza externa a la cual está siendo sometida el brazo de palanca óseo y el cual produce el movimiento de acortamiento o aproximación de la inserciones musculares, este trabajo es utilizado en el campo deportivo especialmente al momento de levantar cargas, un ejemplo de esto lo tenemos al levantar un peso desde flexión de rodilla hacia el extensión produciendo el movimiento concéntrico sobre el cuádriceps. El movimiento de acción concéntrica produce activaciones eléctricas muy importantes y es considerado el más efectivo para recuperación a corto plazo. (Barbier, 2000)

Contracción excéntrica o de alargamiento.- Es la primera fase de la contracción anisométrica se realiza cuando las inserciones musculares se separan uno de otra, la fuerza que se genera en el exterior es mayor a la generada por el musculo que está siendo contraído voluntariamente por lo cual solo se realiza el movimiento de estiramiento muscular. (Barbier, 2000)

Contracción pliométrica.- Es muy parecida a la contracción anisométrica ya que en primera instancia se produce una estiramiento o movimiento excéntrica para seguir con un movimiento de acortamiento o concéntrico, la diferencia con el trabajo de tipo anisométrico es la velocidad con la que se realiza el movimiento pliométrico ya que este tiene una intensidad mucho mayor en el paso de excéntrico a concéntrico y por lo cual se suman fuerzas tanto de elasticidad de las fibras musculares como del reflejo miotático. (Barbier, 2000)

Otra clasificación que se tiene de acuerdo al tipo de contracción muscular utilizada al momento de recuperación e fuerza muscular es la siguiente:

Contracción isotónica.- Se efectúa cuando el músculo es sometido a la misma tensión durante todo su recorrido, para que se pueda efectuar este tipo de tensión igualitaria el gesto motor debe ser realizado mediante un peso externo ya que si bien al realizar una contracción el músculo está sometido a variantes de tensión por medio de un peso se asegura una carga igualitaria y por lo tanto una tensión

igualitaria al momento del recorrido muscular; otras formas de trabajo muy utilizada en la realización de trabajo isotónico es mediante poleas elípticas. (Barbier, 2000)

Contracción isocinética.- Este se caracteriza por un movimiento, es decir el movimiento se lo debe realizar mediante una velocidad constante. Por lo cual no es aplicable en un gesto motor; el esfuerzo que se da en esta contracción es el máximo posible y se mantiene a ese mismo nivel en toda la trayectoria del gesto deportivo, es de poca aplicabilidad y valor en el deporte. (Barbier, 2000).

## **2.5 CORRIENTE DEL TIPO FUERZA-RESISTENCIA**

### **2.5.1 Mediana Frecuencia**

La mediana frecuencia se caracteriza por tener un frecuencia en sus corrientes (las cuales pueden ser uno o dos dependiendo de su aplicación) entre 2000 y 10000 Hz, mientras que sus ondas pueden ser sinusoidales, cuadrangulares o triangulares. (Martin, 2014).

Aplicación de la mediana frecuencia

Su efecto calórico es de gran importancia ya que se puede aplicar una gran potencia energética favoreciendo al metabolismo en la zona de aplicación, pero su efecto de mayor relevancia es el trofismo muscular. (Martin, 2014)

La respuesta motora es característica del musculo estriado, siendo los más efectivos en la despolarización de la membrana los impulsos de subida rápida es decir una modulación de onda cuadrangular, la cual a diferencia de una onda sinusoidal permiten que se dé un reposo adecuado evitando una fatiga de la fibra muscular sobre la cual se está aplicando la electroestimulación. (Martin, 2014)

## 2.5.2 Potenciación muscular

Ante la potenciación muscular se debe saber que la faradización es una técnica utilizada actualmente tanto por entrenadores físicos como el personal de rehabilitación ya que se la combina con el esfuerzo voluntario frente a una resistencia considerada como máxima para el paciente el cual está siendo sometido a la electro estimulación y la cual puede ser adaptada al esfuerzo voluntario. (Martin, 2014)

Cuando se da un requerimiento muscular intenso, el paciente realiza una contracción voluntaria del grupo muscular que se desea trabajar frente la resistencia que está siendo aplicada por el examinador, tras el periodo voluntario se aplica una descarga la cual tiene como finalidad reclutar fibras que se mantenían inactivas en el esfuerzo activo. (Martin, 2014)

Los tiempo de aplicación varían según las fibras musculares que compongan el grupo muscular que se pretende potenciar, es así que se habla que la mayoría de aplicación se dará en un tiempo de 10 segundos el cual siendo analizado desde el punto de vista morfológico se entiende que en este tiempo se agota las reserva energética del músculo obligándolo a trabajar con isquemia por la compresión que se da ante la contracción mantenida y de esta manera se da un trabajo muscular en anoxia dándose un metabolismo anaeróbico. Es por ello que este tiempo está estandarizado en la mayoría de quipos y se debe tener en cuenta varias circunstancias como son los procesos patológicos que cruza el paciente. (Martin, 2014).

Al hacer referencia la recuperación de la potencia y de la fuerza muscular se hace referencia a distintos métodos de potenciación, pero en electroestimulación lo que se tendrá por objetivo es la estimulación de la fibras rápidas mediante la corriente farádica en este caso de Kots. (Martin, 2014)

Al considerarse al grupo muscular cuádriceps para este fortalecimiento y potenciación se propone el siguiente método:

Posición del paciente	Paciente deportista sobre un banco que tenga apoyo en las manos.
Colocación de electrodos	Se le coloca dos electrodos de un tamaño considerable uno sobre la parte proximal de la cara anterior del muslo y otro distal al grupo muscular cuádriceps. (Martin, 2014)
Tipo de corriente, frecuencia y modulación	Se programa la corriente de Kots con una modulación cuadrada de 4 a 6 ms, con 80 Hz de modulación y frecuencia de 2500 Hz. (Martin, 2014)
Trenes de impulso	Se dará impulsos de trenes con rampa suave de 2 a 3 s. (Martin, 2014)
Manejo del fisioterapeuta	El fisioterapeuta aplicara resistencia considerable sobre la parte anterior del pie del paciente.
Numero de contracciones y repeticiones	Se realizara entre 4 a 6 contracciones musculares (repeticiones voluntarias), las cuales serán reforzadas con estimulación eléctrica teniendo por objetivo la activación de todo el grupo muscular cuádriceps. (Martin, 2014)  Repetir este procedimiento por máximo 6 ocasiones.
Intensidad	La intensidad deberá ser ajustada hasta el punto en donde se logre la extensión de rodilla sin el esfuerzo voluntario del paciente. (Martin, 2014)
Tipo de movimiento y resistencia	Al haber realizado todos los pasos mencionados se realizará la extensión voluntaria con una resistencia moderada por parte del fisioterapeuta, después se dará el impulso eléctrico, es de importancia sentir que la fuerza aumenta mediante los estímulos eléctricos en el grupo muscular cuádriceps. (Martin, 2014)  Se debe mantener la extensión isométrica con una resistencia máxima el cual ira dependiendo del tipo de entrenamiento que haya tenido el paciente que realiza el movimiento de rodilla. (Martin, 2014)
Tiempo de descanso y Secuencia	Cuando se percibe el agotamiento se retira la estimulación y se pasa a un descanso el cual debe ser progresivo hasta que el paciente se sienta preparado para el siguiente intento que más o menos varía entre 30 y 60 segundos. (Martin, 2014)  Se vuelva a repetir la secuencia del ejercicio es decir contracción voluntaria con resistencia, impulso eléctrico con una contracción excéntrica sostenida en un tiempo prudente y descanso progresivo. (Martin, 2014)

Fuente: Electroterapia en Fisioterapia. (Martin 2014)

Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

En la práctica clínica se ha observado que la evolución es mejor en los primeros intentos tanto en fuerza como en menor tiempo y decayendo tras la tercera sesión, esta técnica se la debe realizar a días

alternos o cada tres en la misma musculatura con calentamiento previo y relajación posterior al esfuerzo. (Martin, 2014)

### **2.5.3 Corrientes de Kotz o Rusa**

Para superar algunos problemas que se tuvieron tras la aplicación de la baja frecuencia, se aplica corriente de mediana frecuencia modulada ya que por medio de su aplicación se consiguen contracciones las cuales forman trenes de respuesta tras su aplicación. (Martin, 2014)

Tras varios años de estudios y de avances en el campo deportivo se requería que atletas de alto rendimiento los cuales tuvieron alguna lesión que afectara su ritmo de competencia pudieran recuperar fuerza y potencia lo más rápido posible al campo de entrenamiento aplicándose de ese modo la electroestimulación como una herramienta fundamental tras un período de para o en casos más severos tras un período de inmovilización en el paciente deportista. (Martin, 2014)

Este tipo de corriente deberá cumplir ciertos requerimientos en su aplicación ya que esta no debe provocar quemaduras si es aplicada especialmente bajo los electrodos ya que antiguamente era una complicación habitual; es así que al eliminar el componente galvánico en esta aplicación la cual alcanza una profundidad importante, permite trabajar sobre una cantidad considerable de masa muscular y sobre todo no molesta al paciente en su aplicación esta es utilizada actualmente con una gran frecuencia en el campo de la rehabilitación deportiva. (Martin, 2014)

Por lo dicho los equipos de mediana frecuencia tienen que lograr un efecto en tren es decir contracciones continuas para lo cual se tiene que aplicar los siguientes cambios. (Martin, 2014) :

- Aplicaciones de tipo bipolar en ambos circuitos
- Las modulaciones cuadrangulares debes estar presentes ya que permiten tiempos de reposo entre las modulaciones que permiten la refracción de la membrana de la célula muscular y nerviosa.

- La corriente que está entre las modulaciones debe tener una frecuencia de 2500 Hz y 4000 Hz siendo las frecuencias más altas la que necesitan una mayor intensidad ya que se pierde excitomotricidad en las frecuencias más altas; actualmente los equipos portátiles manejan hasta frecuencias de 10000 Hz siendo directamente proporcionales la frecuencia con la profundidad alcanzada.
- Las frecuencias de modulaciones se modulan de 10 a 100 Hz para que se puedan adaptar a los diferentes tipos de fibras musculares siendo las frecuencias más lentas para las fibras de contracción lenta y frecuencias altas para fibras de contracción media y rápida. (Martin, 2014)
- Que haya la posibilidad de regular dentro de la frecuencia la correlación entre el tiempo de la modulación y su reposo para que se puedan adaptar las fibras rápidas o lentas tanto del tejido muscular como nervioso; de igual manera la tolerancia del paciente a la mayor o menor intensidad dependiendo de sus resistencias a la estimulación eléctrica
- Las modulaciones deben estar en impulsos de trenes y con pausas que deben oscilar entre 0,5 a 60 s, las rampas de subidas se deben poder regular para que el esfuerzo vaya de forma progresiva o brusca entre 0 y 3 s.

La potenciación muscular que se realiza mediante la aplicación de las corrientes de Kotz requiere contracciones grandes de los grupos musculares, este estímulo se superpone al trabajo de resistencia lo cual ayuda al momento de ser un sistema de aplicación mantenida. (Martin, 2014)

Para la potenciación se tiene diferentes criterios en cuanto al aparato que se va a utilizar para la recuperación de la fuerza y aumento de la potencia muscular, entre ellos los más utilizados son. (Martin, 2014):

- Primero se realiza un calentamiento muscular mediante contracciones lentas durante 10 minutos los cuales ayudan al calentamiento y adaptación de las fibras de tipo lento, después del período de calentamiento es aconsejable continuar con una contracción intensa la cual

estimula a las fibras rápidas o musculatura rápida en un tiempo de 10 a 15 minutos en el entrenamiento, relajación con vibración durante 5 minutos. (Martin, 2014)

- Un método empleados en la recuperación de fuerza muscular es la de provocar contracciones largas durante 30 segundos con descansos que varían entre 2 a 3 minutos por cada contracción larga; otro protocolo que se utiliza en los equipos de mediana frecuencia es la de realizar cuatro series de diez repeticiones con trenes de 10 segundos y descansos de 20 a 25 segundos, dentro de los trenes de impulsos las frecuencias se deben adaptar en su fase inicial a las fibras de tipo lento o musculatura lenta para esto su frecuencia deberá ser de 50 Hz, en las aplicaciones siguientes se aplica un aumento de frecuencia el cual va siendo progresivo desde 80 Hz. (Martin, 2014)
- En algunos casos se propone trabajos de manera intensa de las fibras rápidas mediante impulsos de trenes que van en una aplicación de 10 segundos con descansos del mismo tiempo, es importante tener en cuenta que en estas pausas no se debe bajar la frecuencia al cero absoluto ya que esta oscila entre 3 a 5 Hz para favorecer la relajación por medio de una vibración muscular. (Martin, 2014)

El profesional debe aplicar la técnica que le parezca más útil de acuerdo a su criterio terapéutico ya que por medio de una acertada exploración, valoración, técnica y sobre todo conocer el estado actual del paciente se lograra llegar al método más efectivo al momento de llegar a la recuperación de la fuerza y aumento de la potencia a nivel del tejido muscular. (Martin, 2014)

## **2.6 HIPÓTESIS**

Los métodos terapéuticos de electro-estimulación y ejercicios de fortalecimiento son eficaces en el aumento de la fuerza del grupo muscular cuádriceps.

## 2.7 MATRIZ DE VARIABLES

Variable Independiente:

Contractibilidad del grupo muscular cuádriceps.

Variable Dependiente:

Aumento de la fuerza muscular a través de la medición porcentual con el dinamómetro.

Variable Moduladora o Intermitente:

Deportistas de alto rendimiento

Fuerza muscular

Edad

Género

Lesión pos-trauma

## 2.8 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

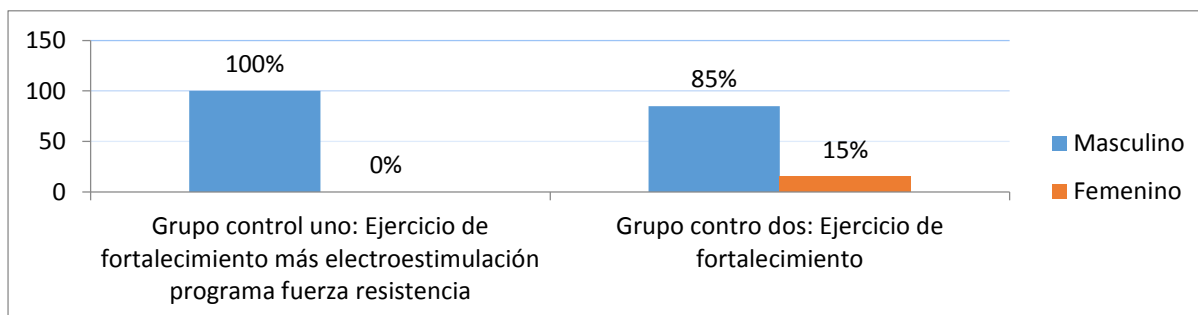
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA
EDAD	Cantidad de años que un ser ha vivido desde su nacimiento.	17 a 20 años 21 a 25 años 26 a 30 años	Edad biológica del participante evaluado en la fecha de nacimiento de la cedula de identidad.	Porcentaje de los pacientes que se encuentran entre 17 a 20 años 21 a 25 años 26 a 30 años	Nominal
GÉNERO	Formas de agrupación de los seres vivos, según aquellas características que pueden compartir varios de ellos entre sí.	Masculino Femenino	Son los sujetos de estudio de sexo masculino que serán parte del estudio	Porcentaje de deportistas evaluados Masculino % Femenino %	ordinal
	La fuerza muscular es la capacidad de la		Se produce como resultado de una	Porcentaje de deportistas	Ordinal

FUERZA MUSCULAR	<p>musculatura esquelética para producir contracción en virtud a las moléculas proteicas de actina y miosina.</p>	<p>Fuerza estática</p> <p>Fuerza dinámica</p>	<p>contracción isométrica.</p> <p>Se produce como resultado de una contracción isotónica.</p>	<p>valorados mediante el dinamómetro</p> <p>Masculinos %</p> <p>Femeninos%</p>	
DEPORTISTAS	<p>Que practica algún deporte, profesionalmente.</p>	<p>Futbolistas</p> <p>Basquetbolistas</p> <p>Atletas</p>	<p>Personas que practican el fútbol, el básquet y el atletismo especialmente si se dedican a ello de manera profesional.</p>	<p>% Futbolistas con atrofia</p> <p>%Basquetbolistas</p> <p>% Atletas</p>	Ordinal
TENDINOPATÍA ROTULIANA	<p>Es una inflamación o lesión del tendón rotuliano, un tejido similar a una cuerda que une la rótula a la tibia.</p>	<p>Agudo</p> <p>Crónico</p>	<p>Nos referimos al momento de la aparición de la clínica propia de este cuadro, es decir, al momento de aparición y las 48 horas siguientes.</p> <p>Consideramos una tendinopatía en fase crónica, cuando persiste la clínica después de 3 semanas o 21 días y en adelante.</p>	<p>% de tendinopatía rotuliana aguda</p> <p>% de tendinopatía rotuliana crónica</p>	Ordinal

Elaborado por: Cristhian Mafla – Pablo Urbina

### 3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**GRÁFICO 1: DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJE SEGÚN EL GÉNERO**



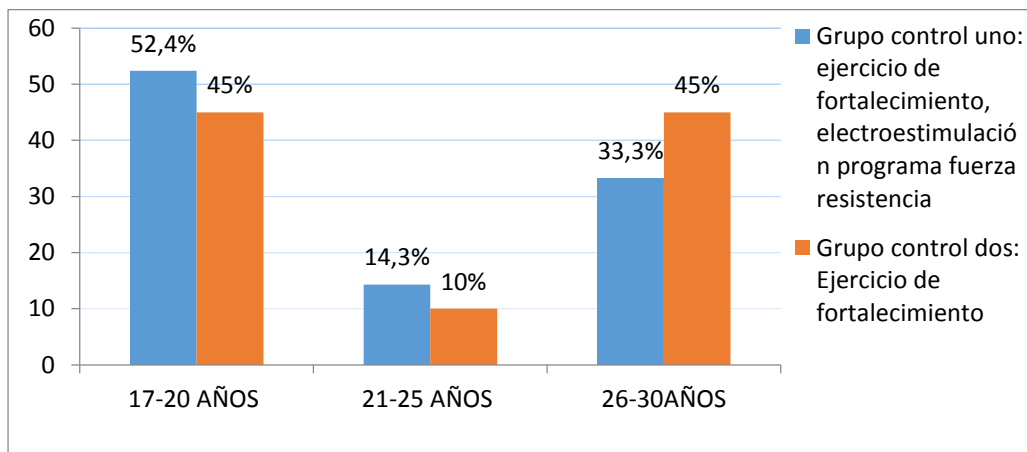
Fuente: Cuestionario de participantes anexo N°3  
Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

Para esta investigación se incluyó un total de 41 pacientes tanto del género femenino como masculino.

Detalladamente el porcentaje de los pacientes de género masculino que se sometieron al proceso de investigación corresponden a 21 (100%), por lo que los hombres presentaron un nivel alto en cuanto a tendinopatía rotuliana se trata, en comparación a 0 (0%) que presentaron dicha patología del género femenino.

En cuanto al porcentaje de los pacientes de género masculino que no se sometieron al proceso de investigación corresponden a 17 (85%), por sobre 3 (15%) del género femenino.

## GRÁFICO 2: DISTRIBUCIÓN EN PORCENTAJE SEGÚN EL RANGO DE EDAD



Fuente: Cuestionario de participantes Anexo N3  
Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

Del gráfico y por frecuencia de casos relacionados con la edad en el grupo que si se sometió al proceso de investigación se desprende:

Una mayor presencia de tendinopatías en 11 (52,4%) pacientes en el rango de edad de 17-20 años.

Seguido de 7 (33,3%) pacientes en el rango de edad de 26-30 años.

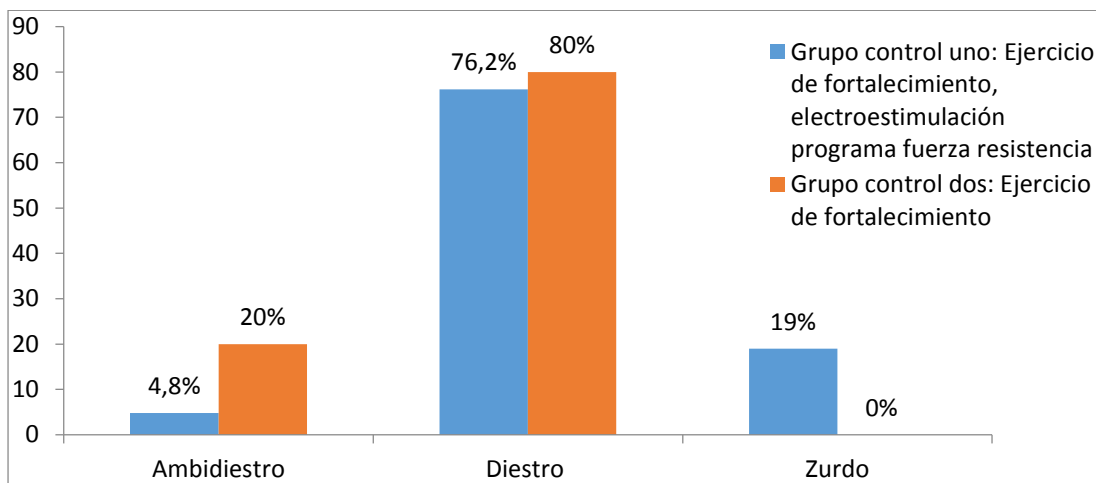
Finalmente 3 (14,3%) pacientes en el rango de edad de 21-25 años.

En el grupo que no se sometió al proceso de investigación se desprende:

Una mayor presencia de tendinopatías por igualdad de 18(90%) pacientes en el rango de edad de 17-20 y 26-30 años.

Seguido de 2 (10%) pacientes en el rango de edad de 21-25 años.

### GRÁFICO 3: DISTRIBUCION EN PORCENTAJES SEGÚN LA LATERALIDAD



Fuente: Cuestionario de participantes Anexo N3  
Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

Del gráfico y por frecuencia de casos se desprende:

Del grupo que si se sometió al proceso de investigación 16(76,2%) pacientes son diestros.

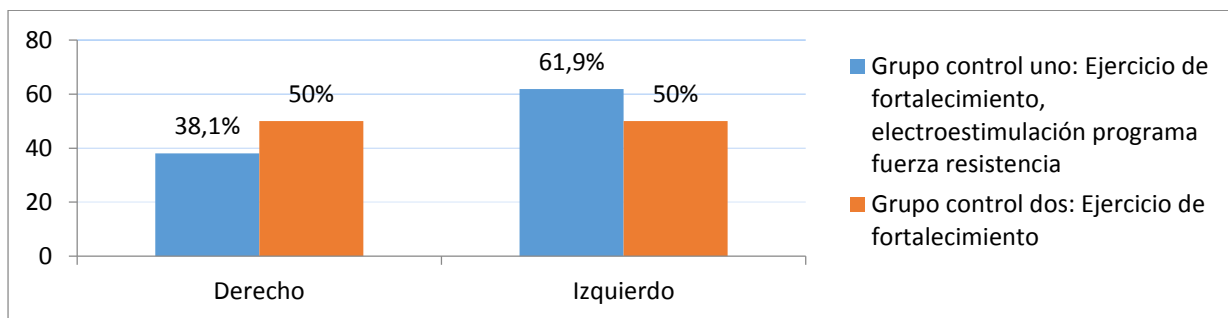
Seguido de 4(19%) pacientes zurdos y 1 (4,8%) paciente ambidestro.

Del grupo que no se sometió al proceso de investigación, 16(80%) pacientes son diestros.

Seguido de 4(20%) pacientes ambidestros.

Cabe recalcar que la mayoría de pacientes objetos de estudio 32(78,2%) pacientes son diestros, por lo que se llegaría hablar de asimetría, las asimetrías entre fuerzas musculares derechas o izquierdas no son siempre patológicas (un paciente diestro tendrá por ejemplo, el musculo opositor del dedo pulgar derecho más desarrollado que en el miembro izquierdo)

#### GRÁFICO 4: DISTRIBUCIÓN DE PORCENTAJES SEGÚN EL LADO AFECTADO



Fuente: Cuestionario de participantes Anexo N3  
Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

Del gráfico y por frecuencia de casos se desprende:

Del grupo que si se sometió al proceso de investigación se obtiene que 13(61,9%) pacientes presentan una afectación significativa de tendinopatía rotuliana que afecta su pierna izquierda en comparación con los 8(38,1%) pacientes afectados su pierna derecha. Estos datos conjuntamente con los expresados anteriormente demuestran que las asimetrías entre fuerzas musculares derechas e izquierdas influyen significativamente en la tendinopatía rotuliana.

## TABLA 1: ANÁLISIS DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

### Estadísticos descriptivos

a. Grupo Control uno: Ejercicio de fortalecimiento más electroestimulación programa “fuerza-resistencia”

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Medición Inmediata del Grupo Muscular Cuádriceps Derecho	21	12	60	23,67	11,556
Medición Inmediata del Grupo Muscular Cuádriceps Izquierdo	21	12	40	21,90	9,257
Medición de la primera semana del grupo muscular cuádriceps derecho	21	14	61	25,43	11,352
Medición de la primera semana del grupo muscular cuádriceps izquierdo	21	14	41	23,76	8,443
Medición de la segunda semana del grupo muscular cuádriceps derecho	21	16	62	26,19	11,241
Medición de la segunda semana del grupo muscular cuádriceps izquierdo	21	14	42	24,57	8,640
Medición de la tercera semana del grupo muscular cuádriceps derecho	21	17	64	27,90	11,375
Medición de la tercera semana del grupo muscular cuádriceps izquierdo	21	15	43	25,90	8,526
N válido (por lista)	21				

Fuente: Cuestionario de participantes Anexo N°3  
Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

## TABLA 2: ANÁLISIS DE LA ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

### Estadísticos descriptivos

#### b. Grupo Control dos: Ejercicio de fortalecimiento muscular

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Medición Inmediata del Grupo Muscular Cuádriceps Derecho	20	13	30	21,45	5,336
Medición Inmediata del Grupo Muscular Cuádriceps Izquierdo	20	11	32	19,75	5,270
Medición de la primera semana del grupo muscular cuádriceps derecho	20	15	32	23,10	5,457
Medición de la primera semana del grupo muscular cuádriceps izquierdo	20	13	33	21,40	5,144
Medición de la segunda semana del grupo muscular cuádriceps derecho	20	16	34	23,50	5,000
Medición de la segunda semana del grupo muscular cuádriceps izquierdo	20	14	33	22,30	4,975
Medición de la tercera semana del grupo muscular cuádriceps derecho	20	16	35	25,00	5,572
Medición de la tercera semana del grupo muscular cuádriceps izquierdo	20	14	33	23,35	5,060
N válido (por lista)	20				

Fuente: Cuestionario de participantes Anexo N°3  
 Elaborado por: Cristhian Mafla, Pablo Urbina

### 3.1 Discusión

La edad del grupo que participó en la investigación es de 17 a 30 años, los cuales padecieron de tendinopatía rotuliana y en la actualidad estaban en la etapa resolutive de tratamiento, es así que se determinó que todos los sujetos que participaron en la intervención eran jóvenes adultos los cuales fueron padeciendo un dolor por un tiempo considerable y cuya molestia se fue volviendo más severa lo que llevo a una consulta médica y posteriormente al servicio de rehabilitación.

En el estudio el porcentaje de pacientes del grupo 1 (ejercicio de fortalecimiento con electro estimulación programa fuerza resistencia) diagnosticados con tendinitis rotuliana que se encuentren en una etapa resolutive es de 100% del género masculino mientras que en el grupo 2 (ejercicio de fortalecimiento) son 85% del género masculino y 15% del género femenino, lo cual tiene concordancia con la mencionado por Alfonso (2008) en su libro. “El dolor anterior de la rodilla e inestabilidad rotuliana en el paciente joven” el cual se encontró el predominio del género masculino en un 70% en el diagnóstico de tendinopatía rotuliana y presentando un problema en la gran mayoría d deportes. Es decir, la tendinopatía rotuliana predomina en los pacientes jóvenes y en personas sometidas a esfuerzos deportivos laborales.

Los datos relacionados según la actividad física realizada por semana se obtienen los siguientes datos para los pacientes que si se sometieron al proceso de investigación 12(57,1%) realizaba ejercicio físico 5 o más veces por semana, con una igualdad significativa de pacientes que no se sometieron a la investigación 11(55%) realizaba ejercicio físico 3 a 4 veces por semana. Como indica el Dr. Van der Ven y la Dra. Nancy Eagleton (2013) indican que las lesiones de fin de semana son las más comunes en el género masculino activos mayores de 25 años, como expresaban los pacientes objetos de estudio su actividad física era más intensa los fines de semana antes de ser diagnosticados con tendinopatía rotuliana, al igual que K.M. Khan(2012) menciona que lo más adecuado para que el cuerpo se adapte

a a cualquier tipo de actividad deportiva se necesita una frecuencia de al menos 4 veces por semana, el cuerpo debe adaptar a los cambios de velocidad, posición y aceleración.

Finalmente en referencia al estudio realizado se demuestra que las variables tiene una distribución homogénea (Prueba de esfericidad de Mauchly).

Se determinó que el grupo control 1 (ejercicio de fortalecimiento con electroestimulación programa fuerza resistencia) diagnosticados con tendinopatía rotuliana en fase resolutiva obtuvo una diferencia a favor en la recuperación de la fuerza muscular en un 8 % en comparación con el grupo control 2 (ejercicio de fortalecimiento), lo cual coincide con el estudio realizado por “Journal of Sports Medicine” el cual ha comprobado que su aplicación aislada permite una ganancia de fuerza y de volumen muscular de hasta el 9%. Para llegar a estas conclusiones se evaluó a 40 estudiantes de educación física masculinos durante un mes y se los dividió en 4 grupos: uno de ellos sólo trabajo con EEM, otro sólo con ejercicios polimétricos, otro de los grupos combinó ambos métodos y el 4º grupo constituía el grupo control con el cual no se utilizó ningún método.

En los dos grupos que se utilizó EEM se aplicó un programa de fuerza explosiva, en los cuádriceps, 4 días por semana durante el período de estudio. Se realizaron durante la investigación, test de condiciones físicas para determinar su capacidad máxima de contracción isométrica voluntaria y su masa muscular. Al parecer, los resultados están a la vista, la electroestimulación ha demostrado que contribuye al incremento de la masa muscular y de la fuerza.

### 3.2 Conclusiones

El grupo control 1 (ejercicio de fortalecimiento con electro estimulación programa fuerza resistencia) diagnosticados con tendinopatía rotuliana en fase resolutiva obtuvo una diferencia a favor en la recuperación de la fuerza muscular en un 8 % en comparación con el grupo control 2 (ejercicio de fortalecimiento), lo cual no tiene una diferencia estadísticamente relevante.

Se determinó que el medio terapéutico más apropiado para la recuperación de la fuerza muscular es el ejercicio de fortalecimiento con electroestimulación programa fuerza-resistencia, proceso que se obtuvo de manera progresiva aunque sea en un pequeño porcentaje en comparación con el ejercicio de fortalecimiento.

En cuanto al análisis porcentual, al interpretar los datos estadísticamente se demuestra que el porcentaje  $p = 0,368$  y  $p = 0,303$  no son significativo ( $p$  mínimo=0.05) por lo cual podemos rechazar la hipótesis ya que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos (Experimental/Control),

Se estableció que el mayor grado de fuerza en el grupo muscular cuádriceps en el grupo control 1 en la medición inmediata fue de 60 kg y el mínimo de 12 kg, así también tras la tercera semana de fortalecimiento el mayor grado fue de 64 kg y el mínimo de 15kg. El grupo control 2 en la medición inmediata fue de 32 kg y el mínimo de 11 kg, así también tras la tercera semana de fortalecimiento el mayor grado fue de 35 kg y el mínimo de 14kg cabe recalcar que estos datos son de la pierna derecha en el cual se obtiene el mayor grado de fuerza muscular.

### 3.3 Recomendaciones

Las recomendaciones se orientan en primer lugar a desarrollar un plan que fortalezca las condiciones de salud de los estudiantes y/o pacientes que asisten tanto al servicio de fisioterapia como al gimnasio de la PUCE, en segundo lugar se plantea recomendaciones generales producto del presente estudio.

A nivel de lineamientos para el mejoramiento de la prestación de servicios se presenta lo siguiente:

- Dentro de un enfoque de promoción en salud:

Educar a los estudiantes a través de charlas o conversatorios que influyan en la adopción de medidas para prevenir lesiones.

- Dentro de un enfoque preventivo:

Guías o instructivos para calentamiento previo a la actividad deportiva dentro del círculo universitario.

Guías o instructivos para la adopción de posturas ergonómicas.

Entrenar a los estudiantes es especial a los deportistas, técnicas apropiadas en estados de desaceleración, cambios de fuerza de presión y movimientos bruscos.

- Dentro de un enfoque de intervención:

Si ya existe la lesión en los estudiantes se puede desplegar acciones dirigidas a fisioterapia, con entrenamientos por ejemplo los antes mencionados en el estudio los cuales pueden ser aplicados por el centro de fisioterapia de la PUCE.

Se recomienda para futuros estudios un seguimiento más prolongado de los pacientes que hayan sido diagnosticados con tendinopatía rotuliana que estén realizando ejercicio de fortalecimiento ya que se podría determinar de manera clara si hay una diferencia significativa en cuanto a que medio terapéutico es el más oportuno en la recuperación de la fuerza muscular..

Al realizar el fortalecimiento muscular se debe controlar cuidadosamente las compensaciones musculares por parte de los deportistas ya que los resultados al momento de medir la fuerza del grupo muscular cuádriceps pueden llegar a variaciones muy significativas entre mediciones continuas.

La población en estudio debería ser más homogénea en la distribución de género para poder determinar si en alguno de los grupos se logra una mayor recuperación en la fuerza muscular a nivel del grupo muscular cuádriceps tras el proceso patológico.

La colocación de los electrodos siempre se la debería realizar con supervisión de profesionales en el área de salud ya que es frecuente que no se la aplique sobre el trayecto muscular y por la tanto los resultados no serán satisfactorios en la recuperación de la fuerza.

#### 4. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJ Banes. (2010). *Mechanical load simulates expression of novel genes in vivo and in vitro in avian flexor tendon cells*. Chicago : Osteoarthritis Catilage .
- Alfonso, V. S. (2008). *Dolor anterior de rodilla e inestabilidad rotuliana en el paciente joven*. Madrid: Panamericana.
- Barbier, M. V. (2000). *La fuerza y la musculación en el deporte* . Librería deportiva Esteban Sanz, S.L.
- Brockett, J. (2001). Sistema de fortalecimiento isoinercial. *El kinesiólogo*.
- Brukner, P. (2001). *Clinical Sport Medicine*. Sydney: McGraw-Hill.
- Cook, J. (2000). *Prospective imaging study of asymptomatic patellar tendinopathy in elite junior basketball players*. Sidney: J Ultrasound MED .
- Fulkerson, J., & Leyes, M. (2007). *Dolor anterior de rodilla*. Madrid : Panamericana .
- García Flores, E. P. (2007). *Programa de ejercicio en tendinopatías*. Madrid : Fundación Hospital Alarcón .
- Garret, W. (2007). *Medicina del Fútbol*. Madrid: Paidotribo.
- Harari, F. (2009). Trastornos musculoesqueléticos en Auxiliares de Enfermería en un hospital de la ciudad de Quito. *Eidos*, 14.
- Hart, D. (2005). *Inflammatory processes in repetitive motion and overuse syndromes: potential role of neurogenic mechanisms in tendons and ligaments*. Chicago: American Academy of Orthopedic Surgeons .
- Jhonson, P. (2010). *Heavy load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic*. Chicago : Am J Sports Med.
- Jozsa, L. (2010). *Human Tendons*. Sidney : Chapman Human Kinetics .

- Kapandji, A. (2011). *Fisiologia Articular*. Madrid: Medica Panamericana .
- Karlsson, J. (2002). *Partial rupture of the patellar ligament*. Sidney : J Sport Med .
- Khan, K. (2009). *Histopathology of common overuse tendon conditions: update and implications for clinical management*. Sidney: Sports Med .
- LANZANI, A. ( 2000 ). La electroestimulacion aplicada al compo deportivo. *elsevier* , 256.
- Lopez, E. (2013). Porcentaje de perdida de masa muscular en el adulto mayor hospitalizado. *Esp Med*, 37-44.
- Mangine, R. (2013). *Fisioterapia de la rodilla* . Barcelona: Monsa Ediciones .
- Martin, R. (2014). *Electroterapia en fisioterapia*. Madrid: Panamericana.
- Nirschl, B. (2000). *Where is the pain coming from in tendinopathy? It may be biochemical not only structural, in origen*. New York: J Sport Med .
- Pakuts, A. (2007). Lesiones de rodilla en el deporte. *PortalDeportivo.CL*, 2-12.
- Pangrazio, O. (2009). Tendinopatias en deportistas. *Medigraphic Artemisa*, 28-38.
- PM Aichroth, D. Z. (2005). *Patellar tendonitis: clinical and literature review*. Chicago : Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc .
- Prapavessis, H. (2009). *Effect of instruction in jumping technique and experience jumping on ground reaction forces*. Sidney: Orthop Sports Phys Ther .
- Rouviere, H. (2006). *Anatomia Humana Descriptiva, topografica y funcional* . Barcelona: Masson.
- Ruiz, D. (2015). Sistema de fortalecimiento isoinercial. *El kinesiologo*, 12.
- Ruiz, J. (2010). Síndrome de descondicionamiento físico en el paciente en estado crítico. *Revista Medica* , 29-34.

Visnetini, P. (2008). *The VISA score: an index of the severity of jumpers knee (patellar tendinosis)*. New York:  
Sci Med Sport .

## 5. ANEXOS:

### Anexo N°1

#### Carta de solicitud para la aprobación del desarrollo del estudio

Quito, junio del 2016

Sr. Santiago Samuel Salcedo Moscoso

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

De mis consideraciones:

Yo Cristhian Daniel Mafla Carrasco portador de la CI:1718160284, Pablo David Urbina Chiluzza portador de la CI:1726242348, estudiantes de la Facultad de Enfermería carrera de Terapia Física de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador solicito a usted muy comedidamente la aprobación para realizar nuestro estudio de tesis que lleva como tema **EFFECTIVIDAD DEL PROGRAMA DE ELECTROESTIMULACIÓN “FUERZA- RESISTENCIA” EN COMPARACIÓN CON EL EJERCICIO DE FORTALECIMIENTO EN LA RECUPERACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUÁDRICEPS EN PACIENTES DIAGNOSTICADOS CON TENDINOPATIA ROTULIANA** en pacientes que asisten al gimnasio de la PUCE en el periodo de junio-julio del 2016 previo a la obtención del título de Licenciado en Terapia Física.

La tesis ya mencionada constará de los siguientes parámetros:

Una medición inicial, primera semana, segunda semana y final de la fuerza muscular a nivel del grupo muscular cuádriceps en los pacientes con tendinopatía rotuliana en etapa resolutiva que acuden al lugar antes mencionado.

Anticipo mi agradecimiento por la atención favorable prestada a nuestra solicitud.

Atentamente:

Cristhian Mafla

Pablo Urbina

## 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 siguiente proyecto de investigación. Cuyos objetivos son determinar la efectividad en la recuperación de la fuerza muscular mediante electroestimulación programa “fuerza-resistencia”, frente al uso de ejercicio de fortalecimiento 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 el 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

#### Cuestionario

Género: .....F  M

Edad: ..... 17 a 20 años  21 a 25 años  26 a 30 años

Actividad Física: .....Sedentario  1 a 2 veces por semana

3 a 4 veces por semana  5 o más veces por semana

Lateralidad: ..... Diestro  Zurdo  Ambidiestro

Lado afectado: .....Izquierdo  Derecho

## Anexo N°4

### Medición de fuerza muscular Medición de fuerza muscular a través del dinamómetro

#### INMEDIATO

GRUPO MUSCULAR	Derecha	Izquierda
	Kg	Kg
CUÁDRICEPS		

#### PRIMERA SEMANA

GRUPO MUSCULAR	Derecha	Izquierda
	Kg	Kg
CUÁDRICEPS		

#### SEGUNDA SEMANA

GRUPO MUSCULAR	Derecha	Izquierda
	Kg	Kg
CUÁDRICEPS		

#### TERCERA SEMANA

GRUPO MUSCULAR	Derecha	Izquierda
	Kg	Kg
CUÁDRICEPS		