



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

EFFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE EJERCICIOS
EXCÉNTRICOS VS ELECTROESTIMULACIÓN CON CO-CONTRACCIÓN
PARA EL FORTALECIMIENTO DEL CUÁDRICEPS EN DEPORTISTAS DE 18
A 23 AÑOS CON TENDINOPATIA ROTULIANA.

“Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Licenciados en Fisioterapia”

Profesor Guía

Mgs. Emerson Viracocha Toapanta.

Autores

Karen Gabriela Chimarro Alvear

Robert Javier Duque Pérez

Año

2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Mgs. Emerson Viracocha Toapanta

CI: 150075084-7

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Lcda. Tatiana Verónica Justicia Chamorro

CI:100261162-0

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Karen Gabriela Chimarro Alvear

CI: 172108493-5

Robert Javier Duque Pérez

CI: 172152253-8

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme y bendecirme en esta etapa de mi vida.

A mis padres por el apoyo incondicional que me brindan.

Al Mgs. Emerson Viracocha por su tiempo y conocimiento el cual nos ha guiado para culminar esta etapa.

Al Mgs. Fernando Iza que sin ningún interés nos ha brindado su apoyo.

A mis amigos Michelle y Robert que siempre están junto a mí.

Karen Chimarro A.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones, a mis padres por todo el sacrificio que han hecho por darme la educación durante todos estos años.

A mis buenos maestros por el conocimiento brindado en las aulas.

A todos mis buenos amigos que estuvieron en todo este periodo y los pacientes que ayudaron a que este proyecto sea logrado con éxito.

A mi tutor de Tesis Mgs. Emerson Viracocha por su colaboración y tiempo.

Robert Duque P.

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos Jorge y Daniela.

A mis tías Wilma, Yolanda y Ma. Teresa que me han apoyado en cada progreso de mi vida estudiantil.

A mis abuelitos Ma. Elisa y Jorge gracias por su ejemplo y cariño.

Karen Chimarro A.

DEDICATORIA

A mis padres que han hecho hasta lo imposible por darme lo que hoy tengo y ser un ejemplo de lucha y de motivación.

A mis hermanos Paúl y Mauricio por el apoyo incondicional, a mis sobrinos Poleth, Kristel y Kevin quienes dan un sentido diferente a mi vida y me motivan a salir adelante.

A mi novia por todo el apoyo, guía y paciencia durante todo este tiempo.

Robert Duque P.

RESUMEN

Antecedentes: La Tendinopatía rotuliana es una de las patologías más frecuentes en deportistas, por la sobreactividad del tendón rotuliano, provocando desorganización de las fibras de colágeno y degeneración de células tendinosas. Sus síntomas característicos es el dolor en el polo inferior de la rótula y pérdida de la funcionalidad.

Objetivo: Analizar la efectividad de los ejercicios excéntricos vs electroestimulación con co-contracción en pacientes con tendinopatía rotuliana.

Materiales y métodos: En este estudio se reclutó a diez deportistas hombres entre 18 y 23 años de edad, con diagnóstico médico de tendinopatía rotuliana. Los deportistas fueron divididos de manera aleatoria en dos grupos de 5 sujetos cada uno. En el grupo A o grupo control se aplicó un tratamiento fisioterapéutico convencional añadiendo ejercicios excéntricos, mientras que en el grupo B se realizó el mismo tratamiento convencional incrementando electroestimulación con co-contracción durante los ejercicios excéntricos para el músculo cuádriceps. El tratamiento se aplicó en 6 semanas de la fase experimental con una frecuencia de 3 sesiones por semana con una duración de 50 minutos. Las variables de estudio que fueron evaluadas al inicio y al final de la fase experimental, tales como: 1) Dolor, 2) Perímetros musculares, 3) Reclutamiento de fibras en Vasto interno y externo del cuádriceps y 4) Funcionalidad.

Resultados: El análisis estadístico del estudio presentó los siguientes datos: el dolor en los dos grupos se evidenció diferencias significativas intergrupales, siendo ($p=0,0007$) en el Grupo A y Grupo B un valor de ($p=0,0014$). En los perímetros musculares no se obtuvo diferencias significativas. Reclutamiento de fibras musculares de vasto interno en Grupo A con un valor significativo siendo ($p=0,0038$), mientras que Grupo B obtuvo un valor significativo de ($p=0,0045$). Vasto externo en Grupo A y B presentaron cambios significativos con valor de ($p=0,0026$). Finalmente en funcionalidad presentaron cambios

significativos con un valor de ($p=0,0069$) Grupo A, mientras que Grupo B se obtuvo un valor de ($p= 0,005$).

Conclusión: El estudio investigativo demostró que la aplicación de ejercicios excéntricos con o sin electroestimulación es la estrategia terapéutica más eficaz en tendinopatías rotulianas, obteniendo como resultado la disminución del dolor, mejora de la funcionalidad deportiva y en el aumento de reclutamiento de fibras musculares.

Palabras claves: Tendinopatía rotuliana, ejercicios excéntricos, electroestimulación con co-contracción.

ABSTRACT

Background: Patellar tendinopathy is one of the most common diseases in athletes, the overactivity of the patellar tendon, causing disruption of the collagen fibers and degeneration of tendon cells. Its characteristic symptom is pain in the lower pole of the patella and loss of functionality.

Objective: Analyze the effectiveness of eccentric exercises vs electrostimulation co-contraction in patients with patellar tendinopathy.

Materials and methods: In this study, ten athletes were recruited men between 18 and 23 years of age with medical diagnosis of patellar tendinopathy. The athletes were randomly divided into two groups of five subjects each. In group A control group or a conventional physical therapy was applied by adding eccentric exercise, while in group B the same conventional treatment was performed with increasing electrostimulation co-contraction during eccentric muscle exercises for the quadriceps. Treatment was applied in 6 weeks of the experimental phase at a rate of 3 sessions per week with a duration of 50 minutes. Study variables that were assessed at the beginning and end of the experimental phase, such as: 1) pain, 2) muscle perimeters,

Results: Statistical analysis of the study showed the following: pain in both groups significant differences intergroup was evident, with ($p = 0.0007$) in Group A and Group B a value of ($p = 0.0014$). The perimeters in muscle no significant difference was obtained. Recruitment of muscle fibers of the vastus in Group A with significant value with ($p = 0.0038$), while Group B received a significant value ($p = 0.0045$). Vastus lateralis in Group A and B showed significant changes value ($p = 0.0026$). Finally functionality presented significant changes with a value ($P = 0.0069$) Group A, Group B while a value of ($p = 0.005$) was obtained.

Conclusión: The research study showed that the application of eccentric exercises with or without electrostimulation is the most effective in patellar tendinopathy therapeutic strategy, resulting in decreased pain, improved sports functionality and increased recruitment of muscle fibers.

Keywords: Patellar tendinopathy, eccentric exercises, with co-contraction electrostimulation.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1 Anatomía de Rodilla..... | 1 |
| 1.1.1 Superficies Articulares..... | 1 |
| 1.1.2 Meniscos..... | 3 |
| 1.1.3 Cápsula articular..... | 3 |
| 1.1.4 Ligamentos..... | 4 |
| 1.1.5 Músculos de la rodilla..... | 5 |
| 1.2 Biomecánica de rodilla..... | 8 |
| 1.3 Generalidades de los Tendones..... | 10 |
| 1.3.1 Irrigación del tendón..... | 11 |
| 1.3.2 Componentes del tendón..... | 11 |
| 1.3.3 Jerarquía estructura del tendón..... | 13 |
| 1.3.4 Características del tendón..... | 14 |
| 1.3.5 Propiedades estructurales del tendón..... | 14 |
| 1.3.6 Propiedades mecánicas del tendón..... | 14 |
| 1.3.7 Fuerza de tensión de los tendones..... | 15 |
| 1.3.8 Biomecánica de lesión en los tendones..... | 15 |
| 1.3.9 Mecanismo para una lesión tendinosa..... | 16 |
| 1.3.10 Alteraciones del tendón..... | 16 |
| 1.4 Tendón Rotuliano..... | 16 |
| 1.4.1 Irrigación del tendón rotuliano..... | 16 |
| 1.5 Tendinopatía rotuliana..... | 17 |
| 1.5.1 Fisiopatología..... | 18 |
| 1.5.2 Etiología..... | 19 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 1.5.3 | Clasificación de la tendinopatía | 19 |
| 1.5.4 | Factores de Riesgo..... | 20 |
| 1.5.5 | Alteraciones biomecánicas: | 21 |
| 1.5.6 | Proceso de lesión aguda y crónica a nivel del tendón | 21 |
| 1.5.7 | Proceso de curación del tendón | 22 |
| 1.5.8 | Proceso que altera la curación a nivel del tendón | 22 |
| 1.6 | Diagnóstico..... | 23 |
| 1.7 | Tratamiento Médico..... | 24 |
| 1.8 | Tratamiento Fisioterapéutico | 25 |
| 1.9 | Efectos del ejercicio a nivel del tendón | 27 |
| 1.9.1 | Ejercicio Excéntrico | 27 |
| 1.9.2 | Importancia de los ejercicios excéntricos | 28 |
| 1.9.3 | Cambios bioquímicos de los ejercicios excéntricos | 28 |
| 1.9.4 | Cambios estructurales con ejercicio excéntrico | 29 |
| 1.9.5 | Cambios histopatológicos de los ejercicios excéntricos | 29 |
| 1.9.6 | Electroestimulación Neuromuscular | 29 |
| CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | | 32 |
| 2.1 | Justificación | 32 |
| 2.2 | Hipótesis:..... | 33 |
| 2.3 | Objetivo General: | 33 |
| 2.4 | Objetivo Específico:..... | 34 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA | | 35 |
| 3.1 | Tipo de estudio..... | 35 |
| 3.1.1 | Sujetos..... | 35 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.1.2 | Materiales de evaluación | 36 |
| 3.1.3 | Materiales de tratamiento | 38 |
| 3.1.4 | Métodos | 39 |
| 3.2 | Protocolo de evaluación | 39 |
| 3.2.1 | Evaluación de perímetros musculares | 40 |
| 3.2.2 | Evaluación de reclutamiento muscular en Vasto Interno y Externo | 40 |
| 3.2.3 | Evaluación de dolor con algómetro de presión | 40 |
| 3.2.4 | Evaluación de funcionalidad | 41 |
| 3.3 | Protocolo de aplicación | 41 |
| | Etapa de calentamiento..... | 41 |
| | Masaje Relajante en el músculo Cuádriceps | 42 |
| | Movimiento artroquinemático patelo-femoral | 42 |
| 3.3.1 | Protocolo de aplicación para grupo A (control) con ejercicios excéntricos | 44 |
| 3.3.2 | Protocolo de aplicación para grupo B (experimental) con electroestimulación con co-contracción más ejercicios excéntricos para cuádriceps..... | 45 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS | | 48 |
| 3.4 | Resultados | 48 |
| 3.4.1 | Dolor | 48 |
| 3.4.2 | Perímetros Musculares | 49 |
| 3.4.3 | Cuestionario de funcionalidad Visa-P | 53 |
| CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y LÍMITES DEL ESTUDIO | | 56 |
| 3.5 | Discusión | 56 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 3.6 Límites del estudio | 58 |
| Conclusiones..... | 59 |
| Recomendaciones | 60 |
| REFERENCIAS..... | 61 |
| ANEXOS | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Articulación de Rodilla, vista anterior | 1 |
| Figura 2. Superficies articulares, proyección anteroposterior..... | 2 |
| Figura 3. Ligamentos de rodilla, vista superior | 5 |
| Figura 4. Músculos extensores de rodilla, vista anterior..... | 6 |
| Figura 5. Músculos flexores de rodilla, vista posterior | 8 |
| Figura 6. Ejes de la articulación de la rodilla, vista anterior..... | 10 |
| Figura 7. Sección longitudinal de un tendón | 11 |
| Figura 8. Tipos de Colágeno. | 13 |
| Figura 9. Jerarquía del tendón. | 14 |
| Figura 10. Propiedades Mecánicas. | 15 |
| Figura 11. Irrigación del tendón rotuliano, vista lateral. | 17 |
| Figura 12. A. Tendón Normal. B. Tendón Patológico. | 18 |
| Figura 13. Algómetro de presión. | 36 |
| Figura 14. Cinta métrica. | 37 |
| Figura 15. Electromiógrafo | 37 |
| Figura 16. Bicicleta estática..... | 38 |
| Figura 17. Electroestimulador Compex 2.0 | 38 |
| Figura 18. Calentamiento en bicicleta estática. | 41 |
| Figura 19. Masaje relajante a nivel de cuádriceps, vista anterior. | 42 |
| Figura 20. Masaje relajante a nivel de cuádriceps, vista lateral. | 42 |
| Figura 21. Movimiento artroquinemático patelo-femoral (craneal-caudal)..... | 43 |
| Figura 22. Movimiento artroquinemático patelo-femoral (medial-lateral)..... | 43 |
| Figura 23. Elongación muscular. | 44 |
| Figura 24. Ejercicios excéntricos..... | 45 |
| Figura 25. Posición inicial del ejercicio..... | 46 |
| Figura 26. Ejercicio excéntrico con electroestimulación con co-contracción | 47 |
| Figura 27. Análisis gráfico del dolor en Grupos de estudio. | 49 |
| Figura 28. Análisis gráfico de perímetros musculares en grupos de estudio. .. | 50 |
| Figura 29. Análisis gráfico del reclutamiento de fibras en vasto interno en grupos de estudio..... | 51 |
| Figura 30. Análisis gráfico del reclutamiento de fibras en vasto externo | |

| | |
|--|----|
| en grupos de estudio..... | 53 |
| Figura 31. Análisis gráfico de funcionalidad en grupos de estudio..... | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ejes de la rodilla. | 10 |
| Tabla 2. Zonas del tendón..... | 11 |
| Tabla 3. Clasificación de la tendinopatía..... | 19 |
| Tabla 4. Factores de riesgo..... | 20 |
| Tabla 5. Factores que alteran la curación del tendón..... | 23 |
| Tabla 6. Criterios de inclusión y exclusión. | 35 |
| Tabla 7. Variables de estudio..... | 39 |
| Tabla 8. Análisis de los porcentajes de dolor en los grupos de estudio. | 49 |
| Tabla 9. Análisis de los porcentajes de perímetros musculares en los grupos de estudio..... | 50 |
| Tabla 10. Análisis de los porcentajes de reclutamiento de fibras en vasto interno..... | 52 |
| Tabla 11. Análisis de los porcentajes de reclutamiento de fibras en vasto externo..... | 53 |
| Tabla 12. Análisis de los porcentajes de funcionalidad en los grupos de estudio..... | 55 |

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Anatomía de Rodilla.

La rodilla es considerada una de las articulaciones más grandes y superficiales, es sinovial de tipo bisagra en la que sus movimientos son una combinación de deslizamiento, rodamiento y rotación sobre un eje vertical (Moore, 2013, p. 634).

La rodilla está compuesta por la epífisis distal del fémur, rótula y epífisis proximal de la tibia.



Figura 1. Articulación de Rodilla, vista anterior. Tomado de Moore, 2013, p.635.

1.1.1 Superficies Articulares

La articulación de la rodilla está conformada por la epífisis distal del fémur, específicamente por los cóndilos femorales; la epífisis proximal de la tibia, mediante una superficie casi plana que se los denomina patillos tibiales y en la cara anterior de los cóndilos femorales se encuentra la rótula. Estos componentes óseos, los músculos y los ligamentos mantienen a una articulación estable y a la vez dinámica.



Figura 2. Superficies articulares, proyección anteroposterior. Tomado de Moore, 2013, p.635.

1.1.1.1 Fémur

Es el hueso más largo del esqueleto humano, su cuerpo es prismático triangular, se articula en la parte superior con el hueso coxal y en la parte inferior con la tibia. El fémur presenta tres caras (anterior, medial y lateral) y tres bordes (lateral, medial y posterior).

1.1.1.1.1 Epífisis distal del fémur

La extremidad inferior del fémur se considera una zona voluminosa y fácilmente palpable, se encuentra revestido por cartílago delgado en los bordes, y más gruesas en la parte media de los cóndilos. Presenta dos superficies articulares en la parte anterior con la cara rotuliana y en la parte posterior con las superficies condíleas (Moore, 2010, p.520).

1.1.1.2 Rótula o Patela

Es un hueso sesamoideo, plano y de forma triangular con un ángulo inferior que se dirige de manera caudal, presenta una base amplia y gruesa. La rótula se encuentra en contacto con la cara rotuliana del fémur mediante un cartílago que ocupa las tres cuartas superiores la cara medial y se caracteriza por ser más estrecha y menos excavada (Rouvière, 2002, p. 346).

1.1.1.3 Tibia

Se considera un hueso largo, localizado en la zona media de la pierna. Se articula en la parte superior con los cóndilos femorales y en la parte inferior con el astrágalo.

1.1.1.3.1 Epífisis proximal de la tibia

El extremo superior de la tibia es de forma aplanada, denominada meseta tibial, la cara articular superior presenta dos caras superficies que son: medial que es ligeramente cóncava, larga y menos ancha que la lateral, estas dos estructuras se encuentran separadas por la eminencia intercondílea, formada por dos tubérculos intercondíleos. Se articula con los cóndilos femorales, y en estos tubérculos intercondíleos se insertan los meniscos y principales ligamentos de la rodilla lo cual permite mantener la unión y contacto de las superficies articulares entre el fémur y la tibia (Moore, 2013, p. 520).

1.1.2 Meniscos

Se constituye una lámina prismática triangular curvada en forma de media luna. Existen dos meniscos que difieren entre sí:

1.1.2.1 Menisco externo:

Se presenta en forma de O casi completa, el cuerno anterior se fija al área intercondílea anterior; el cuerno posterior se inserta en la eminencia intercondílea en la parte posterior de la depresión que separa los tubérculos intercondíleos y presenta un rango de movilidad de 12 milímetros.

1.1.2.2 Menisco medial:

Se presenta en forma de C muy abierta, se inserta por su cuerno anterior al ligamento cruzado anterior; su cuerno posterior se fija anteriormente al ligamento cruzado posterior (Rouvière, 2002, p. 345-346). Este menisco se considera más propenso a lesiones por su ubicación y forma.

1.1.3 Cápsula articular

Se la puede considerar un manguito fibroso, el mismo que rodea la parte inferior del fémur y la parte superior de la tibia (Kapandji, 2010, pp.92). Su función principal es mantener el contacto entre sí. Su forma es similar a un cilindro, en la cara anterior se encuentra la rótula y en la parte superior el fémur, en parte inferior la tibia y en la parte posterior se deprime formando un tabique sagital dividiendo en dos segmentos externo e interno (Kapandji, 2010, pp.92).

1.1.4 Ligamentos

Son estructuras formadas de tejido conjuntivo fibroso de consistencia sólida y elástica, que su función es reforzar la cápsula articular, y sirve de medio de unión entre componentes óseos de una articulación. La rodilla presenta los siguientes ligamentos:

1.1.4.1 Ligamentos laterales

Los cuales tienen como función reforzar la cápsula articular y estabiliza lateralmente la rodilla.

- Ligamento lateral interno, mantiene una dirección hacia delante y abajo, este ligamento se extiende desde la cara lateral del cóndilo interno hasta parte superior de la tibia.
- Ligamento lateral externo, mantiene una dirección oblicua hacia abajo y atrás desde la cara lateral del cóndilo externo hasta la cabeza del peroné.

Durante los movimientos de la rodilla los ligamentos laterales se tensan en extensión y se distienden en flexión (Moore, 2013, p.641).

1.1.4.2 Ligamentos cruzados

Son ligamentos intracapsulares y se los considera los más potentes:

- Ligamento cruzado anterior, se origina en los cuernos anteriores de menisco interno y externo con una dirección oblicua hacia arriba, atrás y afuera llega hasta el cóndilo externo del fémur. Su función principal es la propiocepción de la rodilla.
- Ligamento cruzado posterior, se origina de los cuernos posteriores de menisco externo e interno manteniendo una dirección oblicua hacia arriba, adelante y adentro hasta el cóndilo interno del fémur.

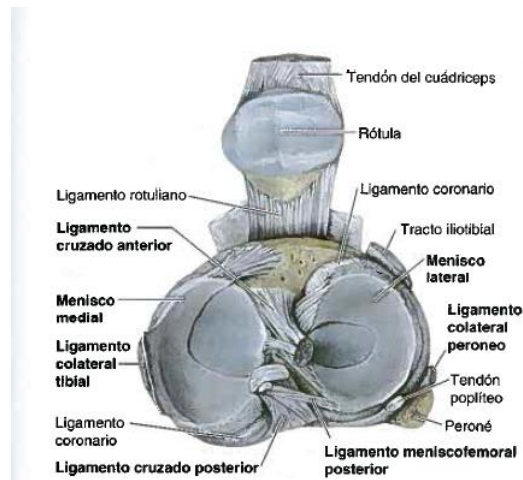


Figura 3. Ligamentos de rodilla, vista superior. Tomado de Moore, 2013, p.641.

1.1.4.3 Otros elementos fibrosos

- **Ligamento poplíteo arqueado:** este tiene como función reforzar el ángulo posterolateral.
- **Ligamento poplíteo oblicuo:** se presenta como tendón del semimembranoso, formando el punto del ángulo posteromedial.
- **Cuerpos adiposos:** se lo puede denominar como colchón celuloadiposo que se localiza debajo del tendón rotuliano.
- **Retináculos rotulianos:** estos están ubicados en la parte lateral de la rótula. Se considera que el retináculo medial es el más importante porque este evita la subluxación de la rótula, mientras que el lateral es débil e inconstante (Moore, 2013, p.641-642).

1.1.5 Músculos de la rodilla

Los principales músculos que comprenden el complejo articular de rodilla se los puede clasificar en dos grandes grupos extensores y flexores de rodilla:

1.1.5.1 Músculos extensores de rodilla

El músculo del cuádriceps femoral está localizado en la parte anterior del muslo, es un músculo voluminoso y potente y está conformados por 4 vientres musculares que son: recto anterior, vasto externo, vasto intermedio y vasto interno (Jarmey, 2012, pp.139). Se considera el mayor músculo extensor de la pierna (Moore, 2013, pp. 547).

Inserción proximal

Recto femoral: espina ilíaca anterior inferior e ilion, superior al acetábulo.

Vasto lateral: trocánter mayor y labio lateral de la línea áspera.

Vasto medial: línea intertrocantérea y labio medial de la línea áspera.

Vasto intermedio: caras anterior y lateral del cuerpo del fémur.

Inserción distal

Por medio del tendón del cuádriceps, a través del ligamento rotuliano en la tuberosidad anterior de la tibia.

Acción Principal

Extienden la pierna en la articulación de la rodilla.

Inervación

Nervio femoral, L2, L3, L4.

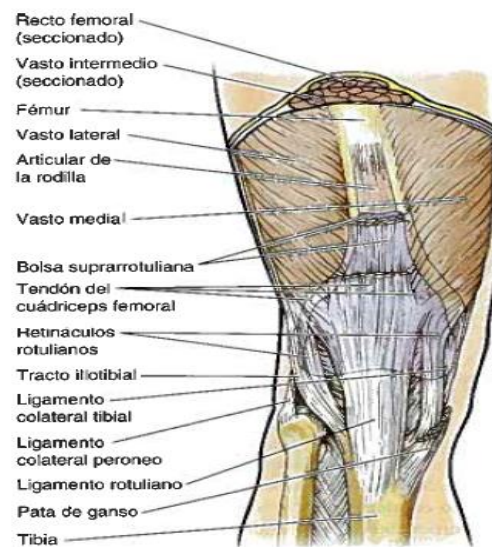


Figura 4. Músculos extensores de rodilla, vista anterior. Tomado de Moore, 2013, p.635.

1.1.5.2 Músculos flexores de rodilla

En cuanto a la flexión de rodilla el principal músculo son los isquiotibiales, se localizan en la cara posterior del muslo, conformados por tres músculos los cuales son: semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral (cabeza larga) (Moore, 2013, pp.569-571). Además existe otro grupo muscular que es importante a nivel de la articulación de la rodilla, este está localizado en la fosa poplíteica formado por los vientres del gastrocnemio (Jarmey, 2012, pp.149).

MÚSCULOS ISQUIOTIBIALES

Inserción proximal

Tuberosidad isquiática.

Inserción distal

Semitendinoso: cara medial de la parte superior de la tibia.

Semimembranoso: parte posterior del cóndilo medial de la tibia.

Bíceps femoral: cabeza del peroné.

Acción Principal

Flexión de la articulación de la rodilla.

Inervación

Componente tibial del nervio isquiático, L5, S1, S2.

GEMELO (GASTROCNEMIO)

Inserción proximal

Cabeza lateral: cara lateral del cóndilo lateral del fémur.

Cabeza medial: cara poplíteica del fémur, superior al cóndilo medial.

Inserción distal

Cara posterior del calcáneo, mediante el tendón calcáneo.

Acción Principal

Ayuda a la flexión de la articulación de la rodilla.

Inervación

Nervio tibial S1, S2.



Figura 5. Músculos flexores de rodilla, vista posterior. Tomado de Moore, 2013, p.635.

1.2 Biomecánica de rodilla

La rodilla es una articulación intermedia del miembro inferior, que genera gran estabilidad y el soporte de peso del cuerpo. Esto se obtiene gracias a los dos grados de libertad de movimiento que presenta esta articulación:

1.2.1.1 Extensión de rodilla

Se considera el movimiento que aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo (Kapandji, 2010, pp.72). Se puede considerar que en este movimiento los cóndilos empiezan a rodar sin resbalar, provocando que los meniscos se desplacen hacia delante a causa de los alerones meniscorrotulianos que se encuentran tensos por el ascenso de la rótula, este movimiento va acompañado también del ligamento transverso y el cuerno posterior del menisco externo que se dirige hacia delante por la tensión de ligamento meniscofemoral y por la tensión del ligamento cruzado posterointerno (Kapandji, 2010, pp.98).

1.2.1.2 Flexión de rodilla

Es el movimiento que aproxima la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo (Kapandji, 2010, pp.72). En este movimiento el cóndilo resbala sin rodar (Kapandji, 2010, pp.88), específicamente en el cóndilo interno, el rodamiento no se da más en los 10 a 15 ° de flexión, en cambio en el cóndilo externo el rodamiento es posible hasta los 20° de flexión (Kapandji, 2010, pp.98). El movimiento del menisco interno se dirige hacia posterior a causa de la distensión del músculo semimembranoso, y el cóndilo externo se dirige hacia posterior por la distensión del poplíteo (Kapandji, 2010, pp.98). En flexión máxima la rótula se dirige hacia atrás y abajo (Kapandji, 2010, pp.106).

1.2.1.3 Rotación axial

Este movimiento se realiza con la rodilla en flexión (Kapandji, 2010, pp.74). Se puede considerar 2 clases de rotación:

1.2.1.3.1 Rotación interna

Este movimiento dirige la punta de pie hacia dentro, en cuanto al cóndilo externo este no retrocede en la cavidad glenoide, mientras que el cóndilo interno del fémur avanza en su respectiva cavidad glenoidea tibial. El menisco interno avanza y el menisco externo retrocede en la cavidad glenoide, con respecto a la rótula esta se dirige hacia lateral (Kapandji, 2010, pp. 74, 90, 100, 106).

1.2.1.3.2 Rotación externa

Este movimiento dirige la punta del pie hacia fuera, en cuanto al cóndilo externo del fémur, este se dirige sobre la glenoides tibial externa, mientras el cóndilo interno retrocede en la glenoides interna. El menisco externo se dirige hacia la parte anterior de la glenoides externa y el cóndilo interno se dirige hacia la parte posterior de la glenoides interna. En este movimiento el fémur arrastra a la rótula hacia medial (Kapandji, 2010, pp. 74, 90, 100, 106).

La rodilla está compuesta por tres ejes principales:

Tabla 1.

Ejes de la rodilla.

| EJE | DESCRIPCIÓN | FUNCIÓN |
|------------------------|---|--|
| Eje Transversal | Atraviesa los cóndilos femorales | <ul style="list-style-type: none"> • Flexión. • Extensión. |
| Eje Diafisiário | Forman un ángulo obtuso de 170° - 175° | Forma el valgo fisiológico de la rodilla. |
| Eje Mecánico | Línea recta que pasa por la articulación de la cadera, rodilla y tobillo. | Forma un ángulo de 6° con respecto al eje del fémur. |

Tomado de Kapandji, 2010, p. 68.

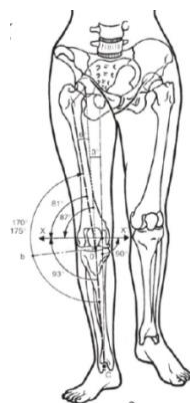


Figura 6. Ejes de la articulación de la rodilla, vista anterior. Tomado de Kapandji, 2010, p. 69.

1.3 Generalidades de los Tendones

Los tendones están formados de tejido conectivo fibroso, es la continuidad del músculo que se inserta en el hueso, tienen como función transmitir la fuerza, dando como resultado el movimiento articular. Poseen un color blanquecino a causa de presentar avascularidad. Se considera que los tendones presentan 3 zonas o puntos de unión en su longitud:

1. Músculo-tendón se denomina unión miotendinosa (UMT).

2. Tendón-hueso recibe el nombre de unión osteotendinosa (UOT).
3. Zona media o cuerpo del tendón.

Está compuesta en un 30% de colágeno, un 2% de elastina y un 68% de agua en la matriz extracelular (Jurado y Medina, 2008, p.7).

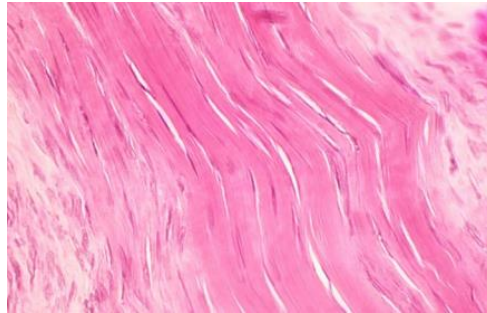


Figura 7. Sección longitudinal de un tendón. Tomado de Peña, 2012.

1.3.1 Irrigación del tendón

Según varios autores mencionan que el tendón recibe una actividad metabólica mediante el flujo continuo de sangre que proviene del músculo en sí, mediante vasos sanguíneos, estos se originan de microvasos del perimysio que tiene diferente función en cada zona:

Tabla 2.

Zonas del tendón.

| | |
|-----------------------------|--|
| Unión músculo-tendón | Entre fascículos del tendón y vasos del músculo. |
| Cuerpo del tendón | Llega vía paratendón o por la vaina sinovial. |
| Unión Hueso-tendón | Tercio externo del tendón. |

Tomado de Jurado y Medina, 2008, p. 16.

1.3.2 Componentes del tendón

El tendón está constituido por varios elementos fundamentales que se encuentran distribuidos por todo el cuerpo del tendón, entre estos elementos tenemos: células, sustancia fundamental y fibras de colágeno (Jurado y Medina, 2008, p.12).

Células: Existe 3 tipos de células principales que se encuentran de manera constante en el tejido conectivo, las cuales son:

- **Fibroblastos:** presentan forma de huso, su función es la formación de los componentes fibrosos del tejido conectivo, colágeno y elastina. La proliferación de este tipo de células tiene un papel fundamental en el proceso de reparación tendinosa (Jurado y Medina, 2008, p.13).
- **Macrófagos:** se mueven de manera libre, su función principal es engullir células muertas, bacterias y partículas extrañas. Del mismo modo liberan mediadores que participan en la respuesta inflamatoria (Jurado y Medina, 2008, p.13).
- **Células cebadas:** se consideran sustancias que participan en el control del flujo de sangre, esencialmente cuando existe un proceso inflamatorio.

Sustancia fundamental: también conocida como matriz extracelular. Está compuesta de una mezcla de agua, proteoglicanos (PG) y glicosaminoglicanos (GAG). En general, esta matriz genera que las fibras de colágeno se adhieran entre sí, proporcionando lubricación y espacio para el deslizamiento entre fibras (Jurado y Medina, 2008, p.15).

Fibras de colágeno: El colágeno es una de las proteínas que se encuentra en el tejido conjuntivo y es abundantes en el cuerpo humano. Existen 13 tipos de colágeno, los cuales conforman las propiedades mecánicas del tendón. En el tendón predomina el colágeno tipo I, el que constituye el 70-80% del peso neto, pero a su vez se presenta en menor cantidad otros tipos de colágeno (Jurado y Medina, 2008, pp.13-14).

| <i>Tipo</i> | <i>Tejido</i> | <i>Forma</i> |
|-------------|--------------------------------|--------------------|
| Tipo I | Hueso, piel, tendón | Fibrilar |
| Tipo II | Cartilago, disco | Fibrilar |
| Tipo III | Piel, tendón, vasos sanguíneos | Fibrilar |
| Tipo IV | Lámina basal | Red tridimensional |
| Tipo V | Con tipo I | Fibrilar |
| Tipo VI | Extendido | Microfilamentos |
| Tipo VII | Membrana epitelial | Inserción fibrilar |
| Tipo VIII | Membrana endotelial | Desconocida |
| Tipo IX | Cartilago | Enlace cruzado |
| Tipo X | Cartilago hipertrófico | Desconocida |
| Tipo XI | Con tipo I | Fibrilar |
| Tipo XII | Tendón, ¿otros? | Desconocida |
| Tipo XIII | Células endoteliales | Desconocida |

Figura 8. Tipos de Colágeno. Tomado de Jurado y Medina, 2008, p.14.

1.3.3 Jerarquía estructura del tendón

- **Tropocolágeno:** se considera la unidad de menor tamaño a nivel del tendón, está compuesta por colágeno tipo I, los cuales permiten que estas unidades se junten y formen fibrillas.
- **Paratendón:** es tejido conectivo que envuelve a la mayoría de tendones del cuerpo humano. El colágeno es de tipo I y III. Su función es permitir el movimiento libre del tendón.
- **Fibrillas:** es la unidad funcional menor del tendón, están dispuestos en haces paralelos rodeados por sustancia matriz.
- **Endotendón o haz primario:** es una red reticular de tejido conectivo dentro del tendón.
- **Fascículo o haz secundario:** se forma por la unión de haces primarios, vasos y nervios. Son unidades independientes dentro del tendón.
- **Epitendón:** es la capa más externa del tendón, conformados por varios haces secundarios. Presenta una red densa de colágeno, que están dispuestas sus fibras de manera longitudinal, oblicua y transversal; que contiene el aporte vascular, nervioso y linfático.

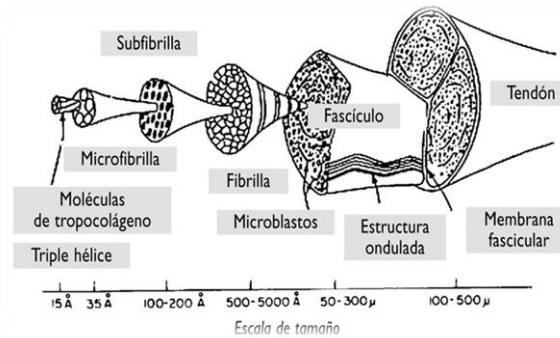


Figura 9. Jerarquía del tendón. Tomado de Jurado y Medina, 2008, p.28.

1.3.4 Características del tendón

Si la fuerza del tendón es en todas las direcciones, se entrecruzan las fibras de colágeno, pero si las fuerzas son unidireccionales los haces de las fibras se disponen de manera paralela y de manera ordenada. Sus características principales son:

- Resistir grandes fuerzas de tracción.
- Extensibilidad.
- Capacidad elástica para cambios de dirección en la tracción.

1.3.5 Propiedades estructurales del tendón

Viscoelasticidad: se puede considerar como la relación entre la deformación máxima y el tiempo que se demora para obtener esta deformación y está modificada por dos variables que son carga y tiempo:

1. Durante una baja carga constante, el tendón aumenta su longitud, el cual va a permanecer en estado de elongación durante el tiempo de tensión.
2. Bajo deformación constante, la carga necesaria para mantener la deformación es cada vez menor, se necesita menos estrés para producir un cambio en la estructura del tendón durante el tiempo de deformación. (Jurado y Medina, 2008, pp.44-45).

Grosor y longitud: habitualmente se conoce que un tendón ancho debería soportar grandes fuerzas para obtener la misma relación de elongación.

1.3.6 Propiedades mecánicas del tendón

El tendón presenta propiedades mecánicas, las cuales tiene la capacidad de deformación y la fuerza empleada.

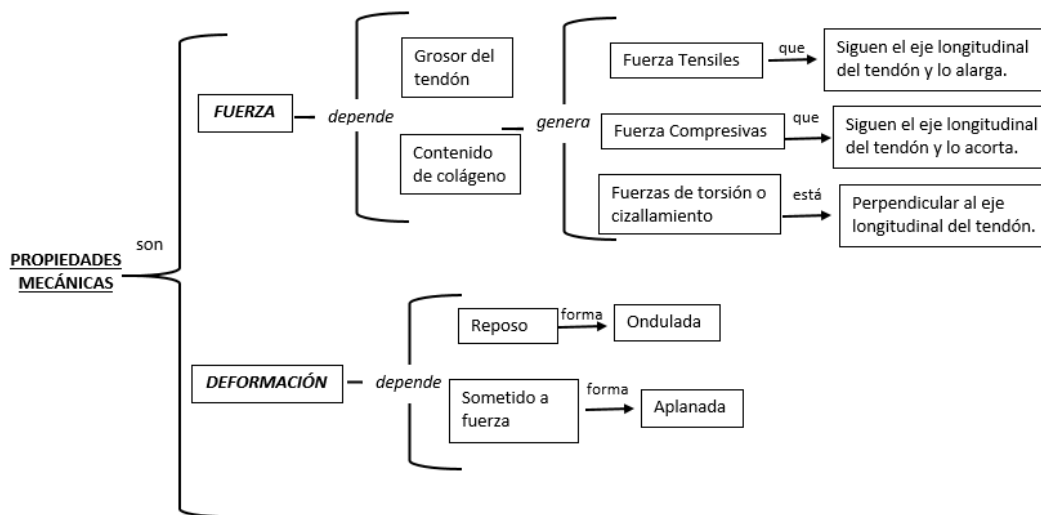


Figura 10. Propiedades Mecánicas. Tomado de Jurado y Medina, 2008, p.49.

1.3.7 Fuerza de tensión de los tendones

La fuerza tensil de los tendones que presentan para tolerar cargas se debe principalmente a su estructura interna, la cual es por medio de la capacidad y morfología determinada por el músculo al que pertenece. Por ello los tendones se encuentran en un estado íntegro, la fuerza tensil aumenta en la infancia y adolescencia debido a que el tendón es más elástico, este proceso de tensión disminuye con la edad de manera progresiva (Jurado y Medina, 2008, p.50).

1.3.8 Biomecánica de lesión en los tendones

Debido a la composición del tendón de manera uniforme este tiende adaptarse a los distintos cambios mecánicos. Frecuentemente, las lesiones aplican una tracción longitudinal que genera una lesión en UMT o UOT, se debe tener en cuenta que la tracción es independiente de la intensidad y la velocidad. Cuando la lesión se da a nivel UMT, frecuentemente se localiza en la parte más distal de la inserción, esto se atribuye a menor extensibilidad a nivel de esta zona. Por otro lado cuando la lesión se genera en UOT, se localiza a nivel del tendoperiostio. Biomecánicamente los mecanismos lesionales pueden darse a nivel del cuerpo del tendón o en la unión

entre el músculo y el hueso provocando un proceso agudo (de manera súbita) como crónico (sobreuso) (Jurado y Medina, 2008, p.53-54).

1.3.9 Mecanismo para una lesión tendinosa

Jurado y Medina (2008, pp.57) mencionan que existen mecanismos de lesión tendinosa que provocan alteraciones a nivel de la unión músculo tendón, estos son:

1. Por una contusión.
2. Contracción rápida y poderosa contra la sobrecarga, generando el estiramiento lesional del tendón.
3. Movimiento pasivo y violento desde una posición de flexión, extensión, aducción o abducción en sentido contrario a la contracción muscular, generando un estiramiento forzado en la unión músculo tendón.

1.3.10 Alteraciones del tendón

Al generar fuerzas significativas a nivel de tendón, tienden a ocasionar algunas alteraciones que se pueden considerar como síndrome de sobrecarga. Estas se engloban como tendinopatías, que se originan por los distintos cambios estructurales, dando lugar a un proceso de degeneración. Al realizar biopsias a nivel del tendón rotuliano se han observado microscópicamente que este tejido presenta un cambio en su color amarillo-marrón y principalmente existe una desorganización y discontinuidad a nivel de las fibras de colágeno que logra llegar hasta la aparición de células necróticas generando microroturas (Hernández et al., 2009, p. 256-257).

1.4 Tendón Rotuliano

El tendón rotuliano está situado en la cara anterior de la rodilla, se lo considera el más potente del cuerpo humano, está formada por las cuatro porciones que conforman el músculo cuádriceps y se unen dando lugar a un tendón común que se origina 3 cm proximales al borde superior de la rótula y se inserta en la tuberosidad anterior de la tibia. Mide de 4 a 5 centímetros de largo y 3 cm de ancho. Este tendón es de suma importancia para caminar, saltar y correr, por ello se lo considera como parte fundamental del aparato extensor de la rodilla (Gómez, 2016, pp. 60).

1.4.1 Irrigación del tendón rotuliano

El tendón rotuliano se encuentra dispuesto a un alto grado de fricción, gracias a la red vascular del paratendón ocurre una adecuada perfusión sanguínea, los vasos del paratendón son de pequeño tamaño que se dirigen de manera transversal y paralelas al tendón (Jurado y Medina, 2008, p.17).

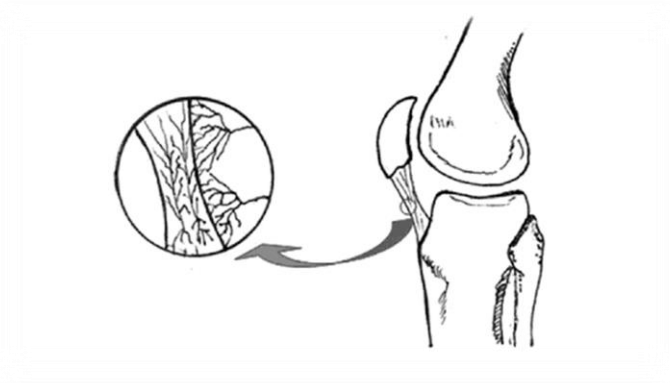


Figura 11. Irrigación del tendón rotuliano, vista lateral. Tomado de Jurado y Medina, 2008, p.17.

1.5 Tendinopatía rotuliana

Se lo considera un dolor tendinoso que afecta a la gran parte de personas que realizan actividad física, este síndrome clínico es ocasionado por el uso excesivo y sobrecarga del tendón. Se caracteriza por dolor e inflamación localizada y en algunas ocasiones el dolor es de tipo difuso, que puede llegar a una pérdida de la funcionalidad, se asocia con la degeneración de las células tendinosas y la desorganización de las fibras de colágeno (Gómez, 2016, pp. 60). Como se conoce el tendón rotuliano es parte del aparato extensor de la rodilla y se puede considerar que el mecanismo de lesión se produce por traumatismos a manera repetitiva, esporádicos y de forma balística que son empleados por fuerzas muy elevadas (Pruna, 2012, pp.1).

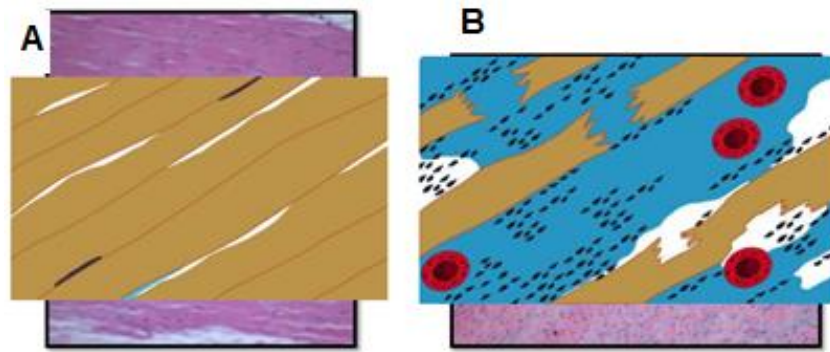


Figura 12. A. Tendón Normal. B. Tendón Patológico. Tomado de Rodríguez, 2016.

1.5.1 Fisiopatología

Para explicar el dolor originado en la tendinopatía se han descrito cinco modelos fundamentales, los cuales son:

- **Modelo tradicional:** se menciona que el uso constante del tendón provoca una inflamación a nivel del tendón y esto genera un dolor en la zona de la rodilla, varios autores han observado de manera macroscópica la evidencia de un cambio de color (amarillo oscuro) a nivel del polo inferior del tendón y microscópicamente se observa la desorganización y separación de las fibras de colágeno, que se debe por el aumento de la sustancia fundamental (FCB, 2012, p.144).
- **Modelo mecánico:** explica que el dolor puede originarse por una compresión a nivel de la inserción del mismo ya que anatómicamente se inserta en el tubérculo anterior de la tibia, en esta zona al ser una estructura ósea, puede generar una compresión por el sobreuso del mismo generando dolor (FCB, 2012, p.144).
- **Modelo bioquímico:** este modelo se lo considera como válido, ya que mencionan que la causa del dolor se origina por una irradiación de sustancias químicas a nivel del tendón que activan los nociceptores, neuropéptidos y la sustancia P que genera una hipoxia regional y una disminución de células fagocitarias para eliminar estas sustancias (FCB, 2012, p.144).
- **Modelo vasculonervioso:** es el modelo más aceptado en la actualidad, este modelo hace referencia al daño neural y la hiperinervación, de tal manera que

los microtraumatismos se generan de manera repetitiva en la inserción del tendón, esto provoca un proceso cíclico de isquemia. Cuando existe un daño en los tendones, las células tienden a liberar sustancias químicas tóxicas que impactan a las células adyacentes que no se encuentran con ningún daño (FCB, 2012, p.144).

- **Modelo integrador:** hay varias referencias bibliográficas que mencionan al modelo integrador y comprende a los 4 modelos anteriormente mencionados (FCB, 2012, p.144-145).

1.5.2 Etiología

Distintos estudios relacionan a la tendinopatía rotuliana (TR) con distintos factores como: disminución de la musculatura del cuádriceps, condropatías rotulianas, hiper movilidad de la rótula, disminución de flexibilidad del complejo musculotendinoso y aumento de las fuerzas de tracción en el TR. Pero se considera como factor principal la desaceleración de aterrizaje en el suelo después de un salto, lo que genera un cambio en la biomecánica normal de la rótula (Pruna et al., 2012, pp.1). En personas sedentarias se desconoce su etiología, pero se atribuye a factores como la edad avanzada, sobrepeso y enfermedades como hipertensión, diabetes mellitus, afecciones inflamatorias y el consumo de ciertos antibióticos (Gómez, 2016, pp. 60).

1.5.3 Clasificación de la tendinopatía

Según Brukner y Khan en 1993 propusieron:

Tabla 3.

Clasificación de la tendinopatía.

| DIAGNÓSTICO | HALLAZGO MICROSCÓPICO |
|-------------------------------------|--|
| Tendinosis | Degeneración tendinosa causada por la edad, envejecimiento del tejido conjuntivo, sobrepeso y compromiso vascular. |
| Tendinopatía/ Rotura parcial | Degeneración sintomática con disrupción vascular. |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Paratendinitis | Inflamación del paratendón, sin tener en cuenta si está cubierto o no de sinovial. |
| Paratendinosis con tendinosis. | Paratendinitis asociada con degeneración intratendinosa. |

Tomado de Medina, 2012.

1.5.4 Factores de Riesgo

Los factores de riesgo se los puede considerar como factores internos o propios de cada individuo y factores externos que pueden afectar en sí al estado de la patología (FCB, 2012, pp. 6-7) los cuales son:

Tabla 4.

Factores de riesgo.

| Factores internos | Factores externos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Isquemia a causa de compresión ósea a nivel del tendón. • Alteraciones biomecánicas como: <ul style="list-style-type: none"> ○ Alteración en cadera y tobillo. ○ Pie plano. ○ Disminución de la extensibilidad del complejo músculo-tendinoso. ○ Menor capacidad de contracción rápida. ○ Atrofias del cuádriceps. ○ Hiper movilidad de rótula. | <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo excesivo de trabajo. • Tipo de superficie de trabajo. • Disminución de periodos de descanso. • Inadecuado calentamiento previo al ejercicio. • Falta de aclimatación. • Calzado deportivo inadecuado. |

Tomado de FCB, 2012, pp. 145.

Es importante conocer los factores que pueden predisponer a esta patología, porque si se identifica se logrará realizar un adecuado diagnóstico que puede disminuir y prevenir nuevas lesiones a nivel del tendón.

1.5.5 Alteraciones biomecánicas:

La TR está comprometida con algunas alteraciones biomecánicas de otras estructuras tanto proximales como cadera y distales como la característica del pie. Por ello es importante un análisis biomecánico para determinar si existe o está comprometida alguna alteración segmentaria en cada paciente.

Dentro de las alteraciones biomecánicas que pueden comprometer o desencadenar esta patología son:

- Debilidad muscular del cuádriceps, esto es provocado por el déficit del reclutamiento de las fibras musculares, generando así una adecuada tracción de este grupo muscular, ocasionando acortamiento del cuádriceps, generando un ascenso de la rótula y aumento de la longitud del tendón rotuliano o la elongación del cuádriceps por un desbalance funcional en la tracción del tendón rotuliano.

Otro aspecto importante es la medición del ángulo Q, que sirve para valorar la alineación de las rodillas, se considera una alteración patológica cuando existe aumento del Ángulo Q, que es provocado por la desviación de la inserción distal del tendón rotuliano, que modificara la tracción del mismo.

Así con un trabajo preventivo y una correcta alineación biomecánica se puede mejorar los ángulos de tracción, que a futuro disminuye la aparición de estas patologías (Cardoso, 2010, p. 7).

1.5.6 Proceso de lesión aguda y crónica a nivel del tendón

Se puede describir de manera precisa el proceso de lesión mediante exámenes complementarios como:

- Exámenes de laboratorio → mediante el aumento de leucocitos.
- Exámenes histológicos → biopsias a nivel del tendón para observar la organización del tejido.

A su vez se puede considerar lesiones según otros aspectos:

Lesión aguda: su tiempo de duración es de 0 a 3 días, se considera que se genera a causa de impacto directo o también por la presencia de una carga excesiva. En esta etapa se caracteriza la inflamación a nivel de la zona del traumatismo. Se conoce el período de la lesión y así se le puede implementar tratamientos en su fase o proceso de reparación (Jurado y Medina, 2008, p. 143).

Lesión crónica: su tiempo de duración es más de 6 semanas, y se considera la más común en tendinopatías crónicas, en esta etapa se desconoce la causa principal pero se caracteriza por una larga evolución que puede sobrepasar los años. Se produce una degeneración tisular que disminuye la funcionalidad, generando la predisposición a lesiones en tendón (Jurado y Medina, 2008, pp. 142 - 143). En deportistas que presenten el diagnóstico de tendinopatía crónica, se mencionan que existe dolor intenso al final de la actividad deportiva, que puede presentar un período de vulnerabilidad a causa de la administración de fármacos (Jurado y Medina, 2008, pp. 156).

1.5.7 Proceso de curación del tendón

Para mejorar el proceso de curación del tendón se puede considerar dos mecanismos a nivel de los tejidos blandos (Jurado y Medina, 2008, pp. 159).

- 1. Alterar el entorno biomecánico para una mejor respuesta biología,** este mecanismo se da mediante el aumento de la producción y alineación de colágeno a nivel del tendón (Jurado y Medina, 2008, pp. 159).
- 2. Alterar la respuesta biológica para mejorar las cualidades biomecánicas,** este mecanismo tiene como objetivo acelerar el proceso de reparación con la utilización de distintas técnicas como: factores de crecimiento y a nivel genético (Jurado y Medina, 2008, pp. 159-160).

1.5.8 Proceso que altera la curación a nivel del tendón

Existen varios factores tanto intrínsecos como extrínsecos que alteran el nivel de curación (Jurado y Medina, 2008, pp. 158-159).

Tabla 5.

Factores que alteran la curación del tendón.

| Factores intrínsecos | Factores extrínsecos |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Edad. • Insuficiencia vascular. • Persistencia de síntomas (dolor). • Déficits funcionales (fuerza, resistencia o amplitud de movimiento). | <ul style="list-style-type: none"> • Sobreuso repetitivo. • Administración de ciertos medicamentos (glucocorticoides, quimioterápicos o radiaciones). • Tratamiento insuficiente. • Factores ambientales (calor, frío extremo, altitud y humedad). |

Tomado de Jurado y Medina, 2008, pp. 158-159.

1.6 Diagnóstico

Actualmente desde el punto de vista fisiológico es incorrecto identificarlas como tendinitis por el mismo hecho que no se sabe con precisión en la fase que se encuentra la patología, por ello lo más correcto es llamarlas tendinopatías, considerando que abarca una serie de patologías que pueden tener ciertos síntomas combinados que dificulta un diagnóstico preciso y diferencial (Sanchís, 2012, pp. 10).

Es preciso realizar una exploración física y exámenes complementarios como: resonancia magnética, radiografías simples, ecografía e incluso una biopsia a nivel del tendón para establecer un diagnóstico preciso en cuanto a la patología (FCB, 2012, pp. 10-11).

En la evaluación física se toma en cuenta algunos factores primordiales:

Anamnesis: se identifica de forma detallada datos primordiales como biotipo (endomorfo), factores de riesgo internos (alteraciones biomecánicas de cadera, rodilla y tobillo, etc.) y externos (calzado deportivo inadecuado, tipo de superficie de trabajo y tiempo excesivo de trabajo), hábitos (sedentarismo) y sobre todo antecedentes familiares (hiperlaxitud), personales y quirúrgicos.

Observación: se debe tener en cuenta la pérdida de volumen y fuerza muscular principalmente en el músculo cuádriceps.

Palpación: sensibilidad al dolor en el tendón rotuliano y durante el movimiento específicamente a los 30° de flexión.

Funcionalidad: presenta una limitación funcional (marcha, carrera, gesto deportivo, subir y bajar escaleras) esto dependerá de los síntomas que presente cada paciente.

1.7 Tratamiento Médico

Es importante conocer que un tratamiento médico tiene como objetivo el alivio o disminución de los signos y síntomas que presenta el paciente, por ello se describirá algunos tratamientos:

Se puede considerar que, con la administración de AINES durante 7 días puede ayudar en la analgesia del paciente. Los fármacos más utilizados son:

Corticoides: en algunos estudios se ha comprobado que presenta un efecto beneficioso en una fase inicial, pero no presenta grandes resultados a largo plazo (FBC, 2012, pp. 12).

Dextrosa: se inyecta una pequeña cantidad de solución a nivel de la inserción de los tendones o ligamentos, lo que van a provocar una respuesta proliferativa generando una respuesta inflamatoria que tendrá como efecto el aumento de la producción de factores de crecimiento y fibroblastos de la matriz extracelular (FBC, 2012, pp. 13).

Trinitrato de Glicerol: varios autores mencionan que su mecanismo de acción principal es el aumento de vascularización a causa de una vasodilatación, esto fue investigado en patologías del tendón de Aquiles y tendón del supraespinoso lo que genero mayor beneficio en las patologías del miembro superior (FBC, 2012, pp.15).

Actualmente existe otras técnicas que pueden obtener beneficios en esta patología como:

Factores de crecimiento autólogos (Plasma Rico en Plaquetas): este método favorece en el proceso de cicatrización mediante la regeneración del colágeno (FBC, 2012, pp. 15).

Células Madres: el tratamiento con células madres mesenquimales tienen como función promover la cicatrización del tendón en una etapa aguda, mediante el cual existe resultados esperanzadores a corto plazo (FBC, 2012, pp. 16).

1.8 Tratamiento Fisioterapéutico

Existen varios tratamientos convencionales para este tipo de lesión pero el principal tiene como objetivo corregir los factores internos como externos de la lesión (Gómez, 2016, pp. 60). El tratamiento en la fase aguda y crónica tiene como objetivo el alivio del dolor e inflamación implementando el calentamiento previo del tendón, ejercicios de fortalecimiento y finalmente la colocación de medios físicos (Pruna, 2012, pp. 2).

Crioterapia: existe poca bibliografía científica en la utilización de este medio físico pero el frío actúa en lesiones agudas ya que se considera un medio de analgesia lo cual este reduce el dolor, flujo sanguíneo tisular y la velocidad de conducción nerviosa, tasa metabólica del tendón, edema y la inflamación (FBC, 2012, pp. 16).

Calor: el calor con su efecto analgésico provoca una relajación muscular y disminución del dolor, se la debe utilizar en las últimas fases (cicatrización) por sus efectos aumenta el proceso metabólico, el cual produce una aceleración de cicatrización del tendón. Por otro lado este agente físico está contraindicado en fase inflamatoria por su efecto vasodilatador (Jurado y Medina, 2008, pp. 200).

Terapia Manual: en este tipo de patologías existen dos maniobras que se las puede atribuir como eficaces para las tendinopatías como:

- **Masaje tipo Cyriax:** es un tipo de masaje, que genera una fricción profunda transversa sobre las partes blandas, esta técnica se debe realizar en el área de lesión, lo que genera dos efectos que son: hiperemia local que causa analgesia y rotura o liberación de adherencias (Vásquez, 2009, pp.126).
- **Movilización de las partes blandas:** se considera una movilización alrededor del tendón, el cual produce un aporte sanguíneo a nivel de la lesión que va a favorecer a la cicatrización del mismo (Rees et al., 2006, pp.514).

Estudios realizados han evidenciado que el uso del masaje tipo Cyriax no se ha obtenido beneficios en cuanto a la fuerza, dolor y funcionalidad en el tratamiento de

tendinopatías. Mientras que en la actualidad no existen estudios que validen el uso de la técnica de movilización de partes blandas (FBC, 2012, pp. 17).

Ultrasonido: esta onda ultrasónica genera tres efectos importantes a nivel del tendón:

- **Efecto térmico:** El principal efecto que ocasiona es el aumento de flujo y temperatura tisular. Varios estudios evidencian que con la aplicación del ultrasonido de 2 a 20 minutos en partes blandas se obtiene un incremento de la temperatura de 1 a 2°C (Jurado y Medina, 2008, pp.202).
- **Efecto mecánico:** Produce un efecto de micromasaje debido que tiene origen en el fenómeno de cavitación, a causa de las vibraciones que ocasionan compresión y expansión en los tejidos. Varios estudios que se realizaron a nivel del tendón aquileo en el conejo, demostraron que mediante la aplicación diaria de 1Mhz durante 5 minutos en modo continuo a nivel del tendón se obtuvo resultados en el aumento de la fuerza tensil durante la fase de curación (Jurado y Medina, 2008, pp.203).
- **Efecto analgésico:** No existe evidencia científica sobre este efecto pero la mayoría de investigaciones refieren que su aplicación en la fase inflamatoria es más efectiva sobre las células cebadas y los macrófagos. Por esto se menciona que incrementa la síntesis de colágeno, favorece al proceso de reconstrucción de la microvascularidad a nivel del tendón y reparación tisular (Jurado y Medina, 2008, pp.203).

Ondas de choque extracorpóreas: uno de los efectos más importantes es el efecto fisiológico que ocasiona la estimulación celular y en las células dañadas genera un proceso de regeneración. Otros efectos importantes son: un efecto analgésico que inhibe las terminaciones nerviosas por liberación de endorfinas y un efecto antiinflamatorio lo que genera una degradación de mediadores de la inflamación, ocasionando hiperemia inducida y el aumento temporal de la vascularización.

A nivel de los tendones se evidencia cambios histológicos que genera una reacción inflamatoria e hipervascularización periférica que aumenta el número de fibroblastos

dando como resultado una mayor cantidad de matriz tendinosa (Rodríguez et al., 2014, pp.137).

Trabajo excéntrico:

Se considera uno de los protocolos con mayor demanda para las tendinopatías rotulianas, varias investigaciones mencionan que este tipo de trabajo excéntrico induce a una hipertrofia a nivel del cuádriceps en este tipo de lesiones (Pruna et al., 2012, pp. 2).

1.9 Efectos del ejercicio a nivel del tendón

El ejercicio genera gran impacto a nivel del tendón en el aumento de fuerza, elasticidad y soporte de peso, también sufre algunos cambios en su composición química como en la arquitectura. Gracias a las distintas propiedades fundamentales del tendón que mediante un entrenamiento físico adecuado se da lugar a modificaciones y mejoras en la calidad de este tejido, provocando:

- Aumento de flujo sanguíneo lo que favorece a la reparación de tejidos.
- Genera una hipertrofia a nivel de tejidos.
- Promueve a una disposición longitudinal del colágeno en el tendón.
- Fibras de colágeno más gruesas.

1.9.1 Ejercicio Excéntrico

El ejercicio excéntrico (EE) fue creado en 1986 por Stanish y Curwin, con un programa de ejercicios para deportistas realizado una vez al día durante 6 y 8 semanas, con una frecuencia de 3 series de 10 repeticiones. En 1998 Alfredson planificó un programa de ejercicios que constaba en 6 series de 15 repeticiones, 2 veces al día durante 12 semanas incrementando el aumento de carga (Gómez, 2016, pp. 60), el protocolo de EE no menciona ningún tipo de contracción concéntrica del tendón afectado y hace mención a la realización de los EE con presencia de dolor en el paciente, pero teniendo en cuenta la ejecución correcta de los ejercicios (Gómez, 2016, pp. 64).

En los tratamientos se utiliza comúnmente los EE. Según Vásquez y colaboradores (2013) Los EE son un tipo de carga dinámica, donde se desarrolla tensión muscular y elongación del músculo que favorecen la recuperación de la TR. Al trabajar con máxima carga, estiramiento y los semejantes patrones de movimiento o condiciones

similares en la actividad deportiva, el cual se menciona que el ejercicio agudo eleva la formación del colágeno tipo I en menos de 3 a 4 días, después de realizar el ejercicio (Jurado y Medina, 2008, pp. 211).

Por consiguiente el entrenamiento mediante EE tienen una influencia en la transmisión vasculonerviosa, lo que provoca una disminución de la fragilidad mientras que favorece la hipertrofia a nivel del tendón (FCB, 2012, pp. 18). Se tiene claro que, el trabajo excéntrico presenta varios beneficios a nivel de los deportistas, en los cuales se puede mencionar los más importantes como: el aumento de la elasticidad del tejido contráctil y no contráctil, aumento de la fuerza y resistencia del complejo músculo- tendón y la reeducación de la sensibilidad propioceptiva (Jurado y Medina, 2008, pp. 130), lo que hará que el tendón sea más fuerte, grande y resistente a futuras lesiones. Estos ejercicios pueden mejorar del 50 al 70% de funcionalidad, permitiendo que el paciente se reintegre a sus actividades de la vida diaria de manera óptima (Bonilla et al., 2016, pp. 522). Por otro lado Mark Young et al., 2010, realizaron la comparación de los EE en un plano inclinado de 25° y el otro en una superficie plana, dando como resultado ambos tratamientos como beneficiosos para los pacientes, sin embargo a partir de los 12 meses los pacientes que trabajaron en el plano inclinado obtuvieron mejor puntuación en la escala de VISA-P (Gómez, 2016, pp. 61).

1.9.2 Importancia de los ejercicios excéntricos

Se considera de suma importancia distintos programas de fortalecimiento muscular gracias a los efectos que produce tanto mecánicos, bioquímicos y estructurales. Lo que distingue a los EE de los otros tipos de ejercicios, es que la mecánica de acción de los EE se encuentran en las actividades funcionales de la vida diaria como bajar escaleras, cambios de dirección o descender bajo la influencia de la gravedad (Medina, 2011, pp.69).

1.9.3 Cambios bioquímicos de los ejercicios excéntricos

En varios estudios se pudo describir que, al realizar un plan de entrenamiento con EE se evidencia positivamente el incremento de colágeno tipo I a nivel de los tendones.

1.9.4 Cambios estructurales con ejercicio excéntrico

Se cree varias hipótesis en cuanto a los cambios mecánicos principalmente en la estructura a nivel de tendones gracias a los ejercicios excéntricos. Pero se debe tener claro que no solo el tendón tiene estos cambios estructurales sino también la unión miotendinosa (Medina, 2011, pp.76). Como menciona Morriey y colegas (2010), el cual ha realizado varios estudios a nivel del tendón aquilino, estos autores han descrito que existe un descenso significativo con respecto a la rigidez tendinosa durante 6 semanas de trabajo excéntrico. Por otra parte, existe un cambio en el volumen tendinoso Shalabi y colegas (2004), durante sus investigaciones refieren que existe una disminución del volumen del tendón y así una notable disminución en el dolor, genera un aumento en la funcionalidad en los pacientes.

1.9.5 Cambios histopatológicos de los ejercicios excéntricos

Como Alfredson menciona la relación del metabolismo de sustancias intratendinosas como los algógenos, que son sustancias capaces de producir dolor con los ejercicios excéntricos, lo que genera que en cada contracción de este tipo de ejercicio que provoque una interrupción del flujo sanguíneo en los neovasos tendinosos, lo que indica que esta disminución de flujo llevaría a una regulación de la vascularización tendinosa y reducción del dolor (Medina, 2011, pp.77-78).

1.9.6 Electroestimulación Neuromuscular

La electroestimulación neuromuscular está basada en la aplicación de una corriente eléctrica por medio de electrodos al tejido muscular o al nervio periférico, con el objetivo de lograr su contracción involuntaria (Lake, 1992, pp.325). Desde su origen (Eriksson, et al., 1981, pp.20), menciona que la aplicación de este tipo de electroestimulación fue para personas con lesiones músculo-esqueléticas o neuromusculares que tengan incapacidad para lograr contracción voluntarias, el doctor Kotz y Hvilon en 1971 aplicó electroestimulación en deportistas sanos con la finalidad de aumentar la fuerza muscular. Kotz en los años 70, descubrió una onda que producía la contracción involuntaria del tejido muscular con una sensación de dolor muy baja (Gibbson, 2004, pp.70-71), utilizándola para beneficio de los deportistas y consiguiendo en el desarrollo y mejora de cualidades funcionales (Del Castillo, 2015, pp.3-5).

Este tipo de estimulación muscular comprende una relación entre el tiempo de estimulación eléctrica o paso de corriente y el tiempo de reposo, ya que el entrenamiento de fuerza explosiva depende de un tiempo elevado de reposo, esto se debe mientras un tejido muscular se somete a electroestimulación, este tejido va a reclutar fibras musculares que son fibras tipo II y no tipo I, por lo cual se produce el aumento de la fatiga muscular (Radial, y González-Badillo, 2005, pp.120-122). La electroestimulación aumenta el volumen y fuerza muscular en musculatura del cuádriceps, lo cual previene la atrofia muscular. Las corrientes rusas son muy utilizadas y eficaces en los programas de electroestimulación para fortalecimiento muscular, por sus efectos de disminución de dolor en áreas lesionadas, aumento de circulación local, incrementos en fuerza, producción de hipertrofia muscular y facilitación de contracción muscular (Linares, et al., 2004, pp.57-58).

Estas corrientes también se emplean en el entrenamiento de deportistas de alto rendimiento, ya que su principal objetivo es mejorar la función muscular y sobretodo el fortalecimiento preoperatorio (Maffiuletti, et al., 2000, pp. 438). Como Ward y Shkuratova (2002, pp. 1020-1021) mencionan que las corrientes rusas son utilizadas para el aumento de masa muscular, su aplicación se hace una vez al día, durante un periodo determinado, obteniendo como resultado el aumento de la fuerza muscular.

La electroestimulación es importante en el fortalecimiento muscular del cuádriceps ya que comprende parámetros de intensidad, frecuencia, duración de impulso, y relación estímulo-reposo. La intensidad de la estimulación depende de la sensación subjetiva del paciente, mientras que la frecuencia de pulso para las corrientes rusas es de 2.500 Hz, con la utilización de electroestimulación se observa una mayor producción de fuerza en el cuádriceps. La duración de impulso se selecciona en un rango de 200 a 300 Hz por segundo, siendo la relación estímulo-reposo de 1:5, esta es la más efectiva por producir menos fatiga (Coarsa et al., 2000, pp. 408). La colocación de los electrodos debe ser en los puntos motores del cuádriceps.

El tiempo de empleo de la electroestimulación para fortalecimiento muscular comprende entre 10 y 15 minutos (Babault et al., 2007, pp. 431). Los efectos de electroestimulación para el fortalecimiento muscular lo explican (Ward y Shkuratova., 2002, pp. 1023) que mediante la electroestimulación se obtiene un

reclutamiento de fibras musculares, siendo las fibras rápidas las fibras reclutadas, a diferencia de la contracción voluntaria que primero recluta fibras lentas.

En una activación muscular voluntaria se recluta entre el 60-80% de las unidades motoras, pero estudios recientes mencionan que se puede lograr un aumento en el reclutamiento muscular en un 100% si se combina el entrenamiento muscular voluntario con la electroestimulación (Del Castillo, 2015, pp. 16).

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Justificación

La Tendinopatía rotuliana o también denominada rodilla de saltador es una inflamación o lesión del tendón rotuliano (Bonilla et al., 2016). Esta lesión es una de las patologías más comunes dentro de las distintas afecciones en la rodilla, sobre todo en la población físicamente activa ya sea a nivel competitivo o a nivel recreacional. Como Pruna y colegas (2012, pp. 2), la actividad física no se puede asociar directamente a la histopatología, sin embargo, se ha considerado que el ejercicio físico a causa del sobreuso podría ser el responsable de agravar ciertos síntomas como el dolor y la disminución de la fuerza muscular. Esta lesión se produce por sobrecarga o por movimientos repetitivos que causan irritación en los tejidos (Bonilla et al., 2016, pp. 520). El daño directo que ocasiona esta patología en la rótula es la pérdida de soporte o estabilidad en la misma articulación (Bonilla et al., 2016, pp. 521). La presentación clínica es variable. Inicialmente se caracteriza por dolor en el polo inferior de la rodilla e impotencia funcional, no incapacitante. Sin embargo, un diagnóstico o tratamiento erróneo puede conducir a que el dolor sea incapacitante. Así, el dolor puede perdurar después del ejercicio, y generar molestias al caminar, bajar escaleras, estar sentado, etc (Brukner et al., 2012, pp. 684).

Existen varios tratamientos terapéuticos post tendinopatía rotuliana como programas de rehabilitación física convencional, que abarca medios físicos combinados con ultrasonido, magnetoterapia, electroestimulación y entrenamiento de la musculatura mediante ejercicios excéntricos. Como Pruna y colaboradores (2012, pp. 2) refiere que la clave en el tratamiento de tendinopatía rotuliana se basa en la implementación de ejercicios excéntricos. Según Vásquez y colaboradores (2013, pp. 20) refiere que los ejercicios excéntricos son un tipo de carga dinámica donde se desarrolla tensión muscular y elongación del músculo lo que favorece la recuperación de la tendinopatía rotuliana. Por ello se estableció una teoría patológica global, que refiere que el ejercicio no daña el tendón, sino más bien lo refuerza, estimulando la producción de nuevas fibras de colágeno. (Fredberg, M., 2008, pp. 6-7). Por consiguiente el entrenamiento mediante ejercicios excéntricos tienen una influencia en la transmisión vasculonerviosa, lo que provoca una

disminución de la fragilidad, mientras que favorece la hipertrofia a nivel del tendón (FCB, 2012, pp. 143-144), lo que hará que el tendón sea más fuerte, grande y resistente a futuras lesiones. Estos ejercicios pueden mejorar del 50 al 70% de funcionalidad, permitiendo que el paciente se reintegre a sus actividades de la vida diaria de manera óptima (Bonilla et al., 2016, pp. 520).

Los programas de rehabilitación física deben incluir el fortalecimiento muscular, especialmente en los grupos de músculos que soportan peso del cuerpo como el cuádriceps y en la zona de la pantorrilla (Bonilla et al., 2016, pp. 520-521). Existe una amplia variedad para el uso de corrientes eléctricas en fisioterapia para el fortalecimiento muscular las cuales son: corrientes bifásicas (BF), monofásicas, interferencial, farádica y corriente rusa (o de Kotz). El efecto de la electroestimulación se basa en incluir varios tipos de impulsos eléctricos modulados con el fin de producir una contracción de la musculatura afectada y así conseguir respuestas motoras.

A corto plazo los programas de rehabilitación para TR logran disminuir el dolor, impotencia funcional y aumenta la fuerza muscular. Como ya se ha descrito anteriormente las corrientes rusas y los ejercicios excéntricos a nivel del tendón rotuliano tienen objetivos en común.

El presente estudio determinó la eficacia de estos dos procedimientos a corto plazo, enfocados en el mejoramiento de los signos y síntomas de los deportistas que presentan TR.

2.2 Hipótesis:

La electroestimulación con co-contracción es más eficaz que la aplicación de ejercicios excéntricos en la disminución del dolor y en la funcionalidad en pacientes con tendinopatía rotuliana.

2.3 Objetivo General:

Analizar la efectividad de los ejercicios excéntricos vs electroestimulación con co-contracción en pacientes con tendinopatía rotuliana.

2.4 Objetivo Específico:

- Evaluar el grado de dolor a través de algometría antes y después de la intervención fisioterapéutica a nivel del tendón rotuliano en jóvenes diagnosticados con tendinopatía rotuliana.
- Medir perímetros musculares a nivel de cuádriceps antes y después del tratamiento mediante cinta métrica.
- Evaluar la activación muscular del cuádriceps con electromiografía superficial antes y después del tratamiento.
- Comparar el grado de funcionalidad con el cuestionario Visa-P en los paciente antes y después de la intervención fisioterapéutica

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

La investigación es de tipo experimental - prospectivo mediante un procedimiento de análisis cuantitativo en un grupo de deportistas de 18 a 23 años que serán reclutados en forma aleatoria para el estudio.

3.1.1 Sujetos

Diez deportistas hombres con diagnóstico médico de TR entre 18 y 23 años de edad fueron reclutados en el lugar de entrenamiento. Los deportistas fueron repartidos en 2 grupos de 5 sujetos cada uno.

A cada grupo se le realizó un tratamiento fisioterapéutico convencional para TR. La subdivisión se realizó de manera aleatoria, los cinco primeros participantes se les incluyó en el grupo A, a los siguientes cinco participantes en el grupo B.

El primer grupo A fue denominado grupo control con 5 participantes, a los cuales se les realizó un tratamiento convencional añadiendo EE.

El segundo grupo B denominado grupo experimental con 5 participantes, además de la terapia convencional se realizó electroestimulación con co-contracción con ejercicios excéntricos para cuádriceps.

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado y el protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de las Américas (Anexo 1).

Criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 6.

Criterios de inclusión y exclusión.

| <u>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</u> | <u>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</u> |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Pacientes deportistas hombres de 18 a 23 años de edad. • Pacientes con diagnóstico médico de tendinopatía, tendinitis o tendinosis rotuliana. | <ul style="list-style-type: none"> • Pacientes con dolor anterior de la rodilla de causa inespecífica o sistémica. • Pacientes que hayan sido intervenidos quirúrgicamente |

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Pacientes que presenten dolor entre leve y moderado. | <p>en la rodilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pacientes que estén recibiendo tratamiento farmacológico como AINES. |
|--|--|

3.1.2 Materiales de evaluación

3.1.2.1 Algómetro de presión

El dolor se evaluó mediante un instrumento de presión denominado "algómetro manual" este es un instrumento que presenta un disco circular en las que aparecen las medidas de presión (con un rango de 5 kg, divididos en 10 partes de medio kilogramo), y una punta de goma de superficie circular de 1 cm², lo cual permite transferir la fuerza de presión a tejidos profundos. Para su utilización se coloca la punta del algómetro de forma perpendicular al músculo o tendón a evaluar y la aplicación es de un 1 Kg/seg manteniendo hasta que el paciente perciba el dolor (Lozano et al., 2006, pp. 5).



Figura 13. Algómetro de presión.

3.1.2.2 Cinta métrica

Instrumento de medida, de plástico resistente y de característica flexible que se adapta a cualquier estructura. Su longitud es de 1.5m aproximadamente. Para el estudio se tomó como referencia la base de la rótula y se midió 15 cm hacia craneal en vientre muscular de la pierna a evaluar.



Figura 14. Cinta métrica.

3.1.2.3 Electromiografía superficial

La electromiografía tiene como función conocer la activación muscular, facilitando datos del reclutamiento de las fibras para la acción específica del músculo a evaluar. La unidad de medida es en mV/s. Para este estudio se utilizó el Electromiógrafo EMG Retrainer 77601 Dual Channel de marca Chattanooga, que contiene electrodos de forma circular con dos broches tipo Ag/AgCl de 2-3mm. Se mantuvo un registro bipolar colocando los electrodos en vasto interno y externo del cuádriceps.



Figura 15. Electromiógrafo

3.1.2.4 Cuestionario de Visa-Patella

El cuestionario de Victorian Institute Sport Assessment (VISA) nos permite evaluar clínicamente a las tendinopatías rotulianas, este cuestionario consta de 8 preguntas que brindará información sobre la sintomatología, capacidad deportiva y funcional del paciente. Presenta una escala para dolor de 0 a 10 en el cual 0 se refiere ausencia de dolor y 10 es el máximo dolor que imagina. (Anexo 2).

3.1.3 Materiales de tratamiento

3.1.3.1 Bicicleta estática

Es un aparato que consta de dos pedales, el que realiza movimientos circulares como el pedaleo de una bicicleta. Este tipo de equipo se considera uno de los más utilizados, su objetivo es realizar ejercicio aeróbico con menor desgaste. La bicicleta estática se la utilizó en la etapa de experimentación durante 10 minutos.



Figura 16. Bicicleta estática.

3.1.3.2 Electroestimulador

Marca Compex con su siglas en Inglés que refieren Computerized Muzcle Pocket Exerciser es de origen Suizo modelo 2.0 y de tipo portátil, consta de 4 canales con dos electrodos cada uno. Este estimulador es utilizado para fines terapéuticos como alivio de dolor en el protocolo endorfinico o para estimulación muscular en deportistas como el protocolo de preparación física.



Figura 17. Electroestimulador Compex 2.0

3.1.3.3 Plano inclinado:

Superficie de madera antideslizante con 25° de inclinación. Medidas 12 cm de alto, 40 cm de largo y 35 cm de profundidad. Durante la etapa experimental se utilizó el

plano inclinado en ambos grupos, en donde los pacientes se colocaron en posición bípeda en la zona más alta del mismo a la espera de la orden del fisioterapeuta.

3.1.4 Métodos

3.1.4.1 Definición de la operacionalización de las variables

Tabla 7.

Variables de estudio.

| VARIABLE | DIMENSIÓN | INDICADOR | ÍNDICE | INSTRUMENTO |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Participantes | socio-demográfico | edad | 18-23 | Entrevista |
| | género | identificario | M / F | Entrevista |
| Dolor | Umbral de dolor | dolor de la presión | Kg/seg | Algómetro |
| Perímetros | Masa muscular | volumen | cm | Cinta métrica |
| Activación muscular | Valoración de la función muscular | Modelo de activación muscular | mV/s | Electromiografía superficial |
| Funcionalidad | Deportivas y actividades de la vida diaria | capacidad funcional y deportiva del paciente | escala de 0 a 10 teniendo en cuenta que: 0 = ausencia de dolor. 10 = máximo dolor que imagina. | Cuestionario de valoración de VISA-PATELA. |

3.2 Protocolo de evaluación

El protocolo de evaluación se llevó a cabo con los pacientes del grupo control como el grupo experimental, los datos se obtuvieron antes y después del protocolo de tratamiento, la evaluación se basó en:

3.2.1 Evaluación de perímetros musculares

- **Posición del paciente:** se coloca a los pacientes de ambos grupos en posición bípeda con su miembro inferior a evaluar en relajación.
- **Posición del fisioterapeuta:** sedente lateral a la zona a evaluar.
- **Ejecución:** el fisioterapeuta toma como referencia el borde superior de la rótula y mide con la cinta métrica 15 cm en dirección craneal y realiza la medición del contorno del muslo.

3.2.2 Evaluación de reclutamiento muscular en Vasto Interno y Externo

Para la evaluación de reclutamiento de fibras musculares, se utilizó un electromiógrafo superficial, el cual consta de dos canales con un electrodo cada uno.

Colocación de electrodos: se situó al paciente en posición sedente con rodillas a 90° , y se colocó en el punto motor del vasto interno el electrodo del canal número 1 y en el punto motor del vasto externo el electrodo del canal número 2.

- **Posición del paciente:** se coloca a los pacientes de ambos grupos en posición sedente con su miembro inferior a evaluar en relajación.
- **Posición del fisioterapeuta:** bípedo lateral a la zona a evaluar.
- **Ejecución:** el fisioterapeuta da la orden al paciente de realizar una contracción concéntrica del cuádriceps, esta contracción el paciente debía mantener por 3 segundos, en los cuales el fisioterapeuta tomo los datos arrojados por el electromiógrafo superficial.

3.2.3 Evaluación de dolor con algómetro de presión

En la evaluación de dolor se utilizó algómetro de presión para los participantes de ambos grupos.

- **Posición del paciente:** se colocaron a los pacientes de ambos grupos en posición sedente con rodillas a 90° y relajadas.
- **Posición del fisioterapeuta:** lateral a la zona a evaluar.

- **Ejecución:** el fisioterapeuta colocó la punta del algómetro en posición perpendicular al tendón rotuliano del miembro inferior a evaluar y la presión va aumentando progresivamente, se le pidió al paciente que a la mínima sensación de dolor debe informar para obtener valores exactos.

3.2.4 Evaluación de funcionalidad

Para la evaluación de funcionalidad en los pacientes de ambos grupos se utilizó el cuestionario de funcionalidad Visa-P.

El cuestionario consta de 8 preguntas cada pregunta consta de 10 puntos, este cuestionario tiene preguntas de actividades comunes en la vida diaria y fueron contestadas por el paciente según los síntomas.

3.3 Protocolo de aplicación

Se llevó a cabo un protocolo durante 6 semanas con una frecuencia de 3 sesiones por semana de tratamiento convencional para tendinopatía rotuliana en el grupo A (control) y Grupo B (experimental), los cuales se basaran en:

Etapa de calentamiento

Calentamiento se lo realiza en una bicicleta estática (sin resistencia) o movimientos sin impacto, durante 10 minutos, el fisioterapeuta lleva el control del tiempo (FBC, 2012, pp. 159).



Figura 18. Calentamiento en bicicleta estática.

Masaje Relajante en el músculo Cuádriceps

- **Posición del paciente:** Paciente se colocó en decúbito supino sobre la camilla o colchoneta, con miembros inferiores extendidos y relajados.
- **Posición del Fisioterapeuta:** Fisioterapeuta colocado lateral al miembro inferior a tratar.
- **Ejecución:** se realizó un masaje de fricción superficial a nivel del muslo del paciente. Se utilizó dos manos para abarcar la mayor superficie posible. Las manos del fisioterapeuta de forma cóncava y se realizó con movimientos suaves y rítmicos de distal a proximal, se le realizará el masaje durante 10 min. (Córdova et al., 2012, p. 110).



Figura 19. Masaje relajante a nivel de cuádriceps, vista anterior.



Figura 20. Masaje relajante a nivel de cuádriceps, vista lateral.

Movimiento artroquinemático patelo-femoral

- **Posición del paciente:** Paciente se colocó en decúbito supino sobre la camilla o colchoneta.

- **Posición del Fisioterapeuta:** Fisioterapeuta colocado lateral al miembro inferior a tratar.
- **Ejecución:** el fisioterapeuta ubicó sus brazos de manera paralela al miembro inferior a tratar, con la mano craneal colocó el primer espacio interdigital (espacio entre el pulgar y dedo índice) en el polo superior de la rótula, y la mano caudal en el polo inferior de la rótula del paciente, se realizó movilización de rótula en sentido craneal-caudal y medial a lateral por un lapso de 5 minutos (FBC, 2012, pp. 159).



Figura 21. Movimiento artroquinemático patelo-femoral (craneal-caudal).



Figura 22. Movimiento artroquinemático patelo-femoral (medial-lateral).

Elongación muscular

Se le realizó elongación de cuádriceps, 4 repeticiones de estiramientos por 30 segundos cada uno.

- **Posición del paciente:** Paciente se colocó en decúbito prono sobre la

camilla o colchoneta, con sus miembros inferiores extendidos.

- **Posición del Fisioterapeuta:** Fisioterapeuta colocado lateral al miembro inferior a tratar.
- **Ejecución:** el fisioterapeuta estabilizó con su mano craneal la pelvis del paciente, mientras que con la mano caudal realizó el movimiento de flexión de rodilla y extensión de cadera. La sensación del paciente debe ser agradable y tolerable, se realizó 4 repeticiones de estiramientos por 30 segundos cada uno (FBC, 2012, pp. 159).

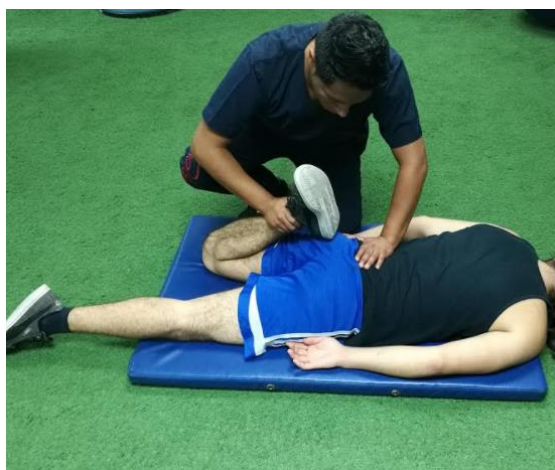


Figura 23. Elongación muscular.

Lo que se diferenció a los dos grupos son los siguientes parámetros.

3.3.1 Protocolo de aplicación para grupo A (control) con ejercicios excéntricos

Para finalizar se realizó ejercicios excéntricos:

Ejercicios Excéntricos

- **Posición del paciente:** Paciente se colocó en posición bípeda sobre el plano Inclinado de 25°.
- **Posición del Fisioterapeuta:** Fisioterapeuta colocado indistintamente junto al paciente.
- **Ejecución:** Paciente situado en el plano inclinado recibió la orden de realizar una flexión de rodillas entre 70-80° (realizando una semisentadilla), y se le pidió que esta posición mantuviera durante 10 segundos y posteriormente

luego de realizar el ejercicio volver a la posición inicial por el lapso de 10 segundos. Se realizó 3 series de 15 repeticiones, con un periodo de descanso de 1 minuto al final de cada serie, este proceso se ejecutó 1 vez al día con una frecuencia de 3 veces por semana (FBC, 2012, pp. 159).



Figura 24. Ejercicios excéntricos.

Al concluir con los ejercicios se colocó crioterapia en la cara anterior de la rótula por un lapso de 5 minutos (FBC, 2012, pp. 159).

3.3.2 Protocolo de aplicación para grupo B (experimental) con electroestimulación con co-contracción más ejercicios excéntricos para cuádriceps

Al segundo grupo se realizó:

Aplicación de electroestimulación en el paciente

- **Colocación de electrodos:** paciente se ubicó en posición bípeda, con miembro inferior a tratar relajado, se utilizó el canal 1 del electroestimulador en el musculo vasto interno y situamos un electrodo en el vientre muscular y otro electrodo en el punto motor del mismo músculo. El canal 2 se aplicó en el vasto externo, colocando un electrodo en el vientre muscular y el otro en el punto motor del mismo.

- **Programa:** una vez encendido el Compex, elegir la sección de preparación física y el programa de fuerza resistencia, utilizamos el ciclo número 2 para nuestro tratamiento. El programa consta de 21 minutos de trabajo físico los cuales que está dividido en 3 minutos de calentamiento, 15 minutos de preparación física y 3 minutos de enfriamiento.

Electroestimulación con co-contracción

- **Posición del paciente:** una vez que se ubicó los electrodos y el programa de tratamiento, el paciente se colocó en posición bípeda sobre el plano Inclinado de 25° de inclinación.
- **Posición del Fisioterapeuta:** Fisioterapeuta colocado indistintamente junto al paciente.
- **Ejecución:** fisioterapeuta pidió al paciente que realice una flexión de rodillas de 70-80° al sentir la estimulación eléctrica y manteniendo esta posición durante 10 segundos (en la primera repetición el fisioterapeuta incrementó la intensidad del electroestimulador) la intensidad de la electroestimulación va a variar entre 2000 y 2500 Hz según la tolerancia del paciente, y 10 segundos de pausa donde el paciente regresó a su posición inicial en el plano inclinado. Para este procedimiento se realizó 3 series de 15 repeticiones por 1 vez al día con una frecuencia de 3 veces por semana.



Figura 25. Posición inicial del ejercicio.



Figura 26. Ejercicio excéntrico con electroestimulación con co-contracción.

- Al concluir se colocó crioterapia en la cara anterior de la rótula por un lapso de 5 minutos (FBC, 2012, pp. 159).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

3.4 Resultados

Los resultados se obtuvieron mediante el análisis estadístico de los datos realizado por ANOVA, posterior a la etapa experimental, la cual duró 6 semanas, con 10 participantes que fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos. En la investigación se plantearon 4 variables de estudio que fueron comparadas al inicio y al final, en el cual se evidenció cambios significativos en 3 de las 4 variables analizadas a nivel intragrupos ($p < 0,05$).

Las variables que se utilizaron en este estudio fueron las siguientes:

3.4.1 Dolor

El análisis de esta variable se realizó por medio del programa ANOVA a medidas repetidas usando los promedios y desviaciones estándar de los datos obtenidos al inicio y al final de la etapa experimental, con el propósito de evidenciar la hipótesis planteada, para la evaluación del dolor se utilizó un algómetro de presión, por medio de este instrumento que nos permitió cuantificar el umbral del dolor que presentaban los participantes a nivel del tendón rotuliano. Dando como resultado que en el efecto principal grupo no se encontraron variables significativas obteniendo como resultado: $F(1,8) = 0,00842$ siendo ($p = 0,92915$), en el efecto medición se obtuvieron variables significativas, obteniendo como resultado: $F(1,8) = 84,367$ siendo ($p = 0,00002$); por otro lado en la interacción entre grupo y la medición no se encontraron variables significativas $F(1,8) = 2,28578$, siendo ($p = 0,60747$).

En el análisis de las gráficas utilizando Approximate Probabilities for Post Hoc Tests se evidenció resultados significativos en los datos intragrupos, siendo en el grupo A ($p = 0,0007$) y en el grupo B ($p = 0,0014$).

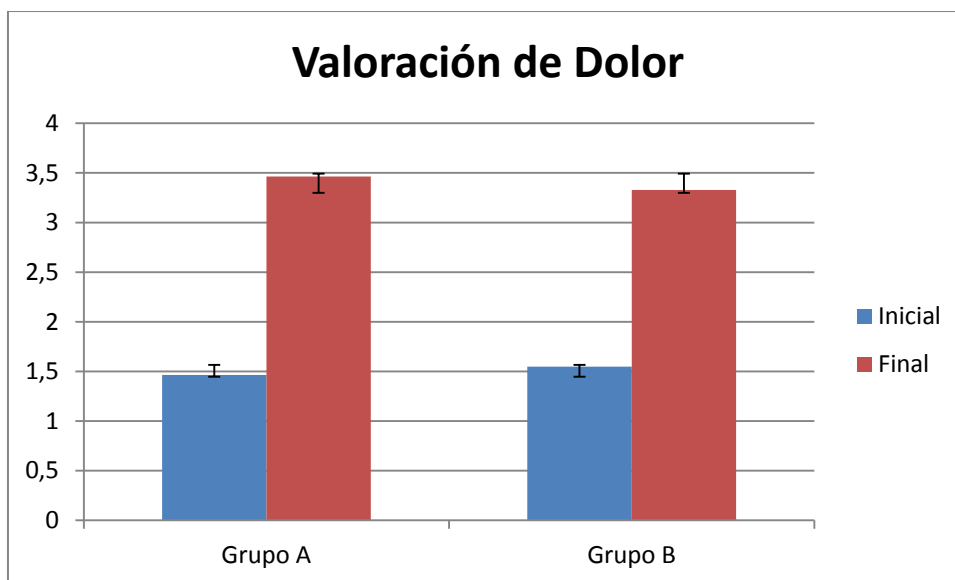


Figura 27. Análisis gráfico del dolor en Grupos de estudio.

En el análisis de la valoración de dolor se encontró cambios en los porcentajes tanto en el Grupo A (control) como en el Grupo B (experimental). En el grupo A hubo una variabilidad de 2 %, mientras en el porcentaje del Grupo B existe una diferencia de 1,78%. Así se puede deducir que los datos en cuanto la variable de dolor son estadísticamente significativos dentro del grupo A.

Tabla 8.

Análisis de los porcentajes de dolor en los grupos de estudio.

| GRUPO | PROMEDIO INICIAL | PROMEDIO FINAL |
|-------------------------------|------------------|----------------|
| Grupo A (Control) | 1,464 | 3,464 |
| Grupo B (Experimental) | 1,548 | 3,328 |

3.4.2 Perímetros Musculares

El análisis de esta variable se realizó por medio del programa ANOVA a medidas repetidas usando los promedios y desviaciones estándar de los datos obtenidos al inicio y al final de la etapa experimental, con el propósito de evidenciar la hipótesis planteada, para la evaluación de perímetros musculares se utilizó una cinta métrica, por medio de este instrumento nos permitió cuantificar la masa muscular que presentaban los participantes a nivel del cuádriceps. Dando como resultado que en

el efecto principal grupo no se encontró variables significativas obteniendo como resultado: $F(1,8)= 1,9956$ siendo ($p= 0,19546$). En el efecto medición se obtuvo variables significativas, obteniendo como resultado: $F(1,8)= 16,206$ siendo ($p= 0,00381$). Por otro lado en la interacción entre grupo y medición no se encontraron variables significativas $F(1,8)=0,09025$, siendo ($p=0,77151$).

En el análisis de las gráficas utilizando Aproximate Probabilities for Post Hoc Tests tampoco se evidenció resultados significativos en los datos intragrupos.

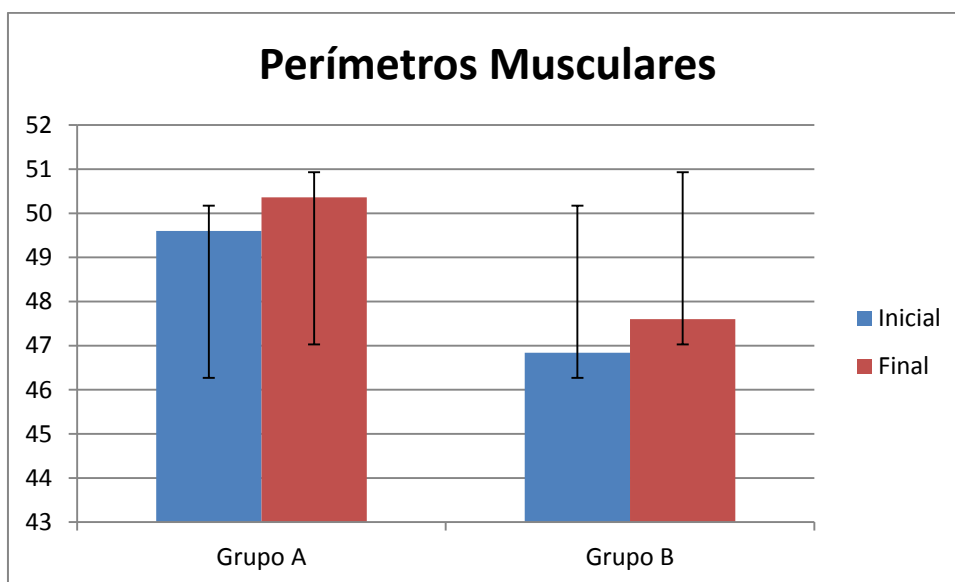


Figura 28. Análisis gráfico de perímetros musculares en grupos de estudio.

En las mediciones de los perímetros musculares en el Grupo Control entre la toma inicial y final es de 0,72%; mientras que en el grupo control el porcentaje entre la toma inicial y final varía en un 0,76%, siendo estos valores no significativos estadísticamente.

Tabla 9.

Análisis de los porcentajes de perímetros musculares en los grupos de estudio.

| GRUPO | PROMEDIO INICIAL | PROMEDIO FINAL |
|-------------------------------|------------------|----------------|
| Grupo A (Control) | 46,64 | 50,36 |
| Grupo B (Experimental) | 46,84 | 47,60 |

3.4.2.1 Reclutamiento de fibras musculares en Vasto Interno

El análisis de esta variable se realizó por medio del programa ANOVA a medidas repetidas usando los promedios y desviaciones estándar de los datos obtenidos al inicio y al final de la etapa experimental, con el propósito de evidenciar la hipótesis planteada, para la evaluación del reclutamiento de fibras musculares en Vasto Interno, el cual se utilizó electromiografía superficial, que por medio de este instrumento nos permitió cuantificar la activación muscular que presentaban los participantes a nivel del Vasto Interno. Dando como resultado que en el efecto principal grupo no se encontró variables significativas obteniendo como resultado: $F(1,8) = 3,4586$ siendo ($p = 0,09997$).

En el efecto medición se obtuvo variables significativas, obteniendo como resultado: $F(1,8) = 52,366$ siendo ($p = 0,00009$), por otro lado en la interacción entre grupo y la medición no se encontraron variables significativas $F(1,8) = 0,01198$, siendo ($p = 0,91552$).

En el análisis de las gráficas utilizando Approximate Probabilities for Post Hoc Tests se evidenció resultados significativos en los datos intragrupos, siendo los valores del Grupo A ($p = 0,0037$) y para el Grupo B ($p = 0,0045$).

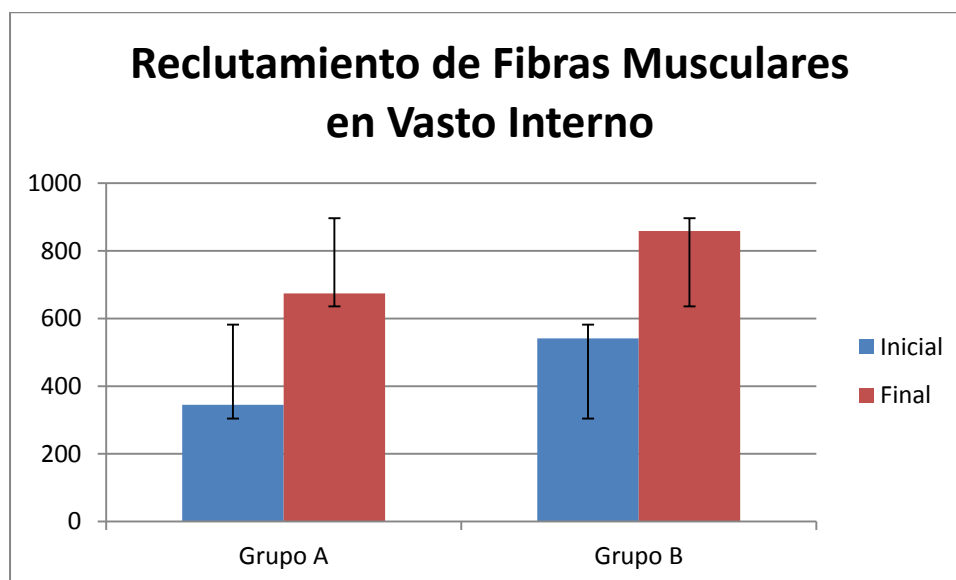


Figura 29. Análisis gráfico del reclutamiento de fibras en vasto interno en grupos de estudio.

En el reclutamiento de fibras musculares en el Vasto Interno se evidenció cambios en los porcentajes tanto en el Grupo A (control) como en el Grupo B (experimental).

En el Grupo A hubo una variabilidad entre la toma inicial y final de 328,8% en el porcentaje, mientras que en el porcentaje del Grupo B varía entre la toma inicial y final de 317%, siendo estos datos estadísticamente significativos.

Tabla 10.

Análisis de los porcentajes de reclutamiento de fibras en vasto interno.

| GRUPO | PROMEDIO INICIAL | PROMEDIO FINAL |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Grupo A (Control) | 345 | 673,8 |
| Grupo B (Experimental) | 541,2 | 858,2 |

3.4.2.2 Reclutamiento de fibras musculares en Vasto Externo

El análisis de esta variable se realizó por medio del programa ANOVA a medidas repetidas usando los promedios y desviaciones estándar de los datos obtenidos al inicio y al final de la etapa experimental, con el propósito de evidenciar la hipótesis planteada, para la evaluación del reclutamiento de fibras musculares en Vasto Externo, se utilizó electromiografía superficial, que por medio de este instrumento nos permitió cuantificar la activación muscular que presentaban los participantes a nivel del Vasto Externo. Dando como resultado que en el reclutamiento de fibras musculares en Vasto Externo, en el efecto principal grupo no se encontró variables significativas obteniendo como resultado: $F(1,8) = 0,02199$ siendo ($p = 0,88579$). En el efecto medición se obtuvo variables significativas, obteniendo como resultado: $F(1,8) = 23,590$ siendo ($p = 0,00126$), por otro lado en la interacción entre grupo y la medición se encontraron variables significativas $F(1,8) = 8,7627$, siendo ($p = 0,01814$).

En el análisis de las gráficas utilizando Approximate Probabilities for Post Hoc Tests se evidenció resultados significativos en los datos intragrupos, siendo los valores en el Grupo A ($p = 0,565$), mientras que para el Grupo B ($0,0026$)

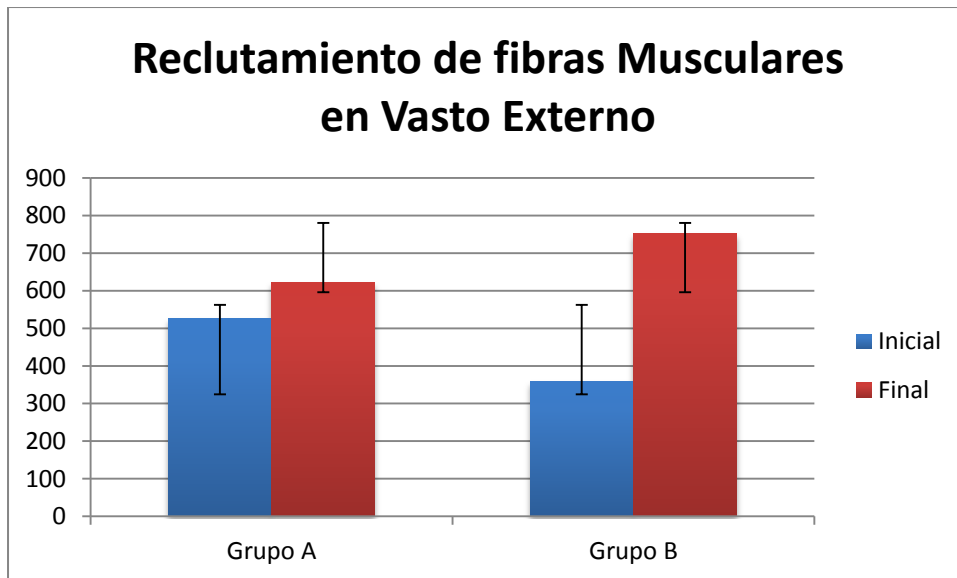


Figura 30. Análisis gráfico del reclutamiento de fibras en vasto externo en grupos de estudio.

En el reclutamiento de fibras musculares en el Vasto Externo se evidenció cambios en los porcentajes mayores en el Grupo B (experimental) en comparación con el Grupo A (control). En el grupo A hubo una variabilidad entre la toma inicial y final de 95,6% en el porcentaje, mientras que en el porcentaje del Grupo B varía entre la toma inicial y final de 394%, siendo estos datos estadísticamente en el grupo B significativos.

Tabla 11.

Análisis de los porcentajes de reclutamiento de fibras en vasto externo.

| GRUPO | PROMEDIO INICIAL | PROMEDIO FINAL |
|-------------------------------|------------------|----------------|
| Grupo A (Control) | 527,4 | 623 |
| Grupo B (Experimental) | 359,4 | 753,4 |

3.4.3 Cuestionario de funcionalidad Visa-P

El análisis de esta variable se realizó por medio del programa ANOVA a medidas repetidas usando los promedios y desviaciones estándar de los datos obtenidos al inicio y al final de la etapa experimental, con el propósito de evidenciar la hipótesis planteada, para la evaluación de la funcionalidad, se utilizó el cuestionario Visa-P,

para cuantificar la capacidad funcional y deportiva del paciente. Dando como resultado que en el cuestionario de funcionalidad Visa- P, en el efecto principal grupo no se encontró variables significativas obteniendo como resultado: $F(1,8)=0,0010$ siendo ($p=0,97515$). En el efecto medición se obtuvo variables significativas, obteniendo como resultado: $F(1,8)=30,443$ siendo ($p=0,00056$); por otro lado en la interacción entre grupo y la medición no se encontraron variables significativas, $F(1,8)=1,2367$, siendo ($p=0,29841$).

En el análisis de las gráficas utilizando Aproximate Probabilities for Post Hoc Tests se evidenció resultados significativos en los datos intragrupos, en el Grupo A los valores son (0,0069), y para el Grupo B (0,056).

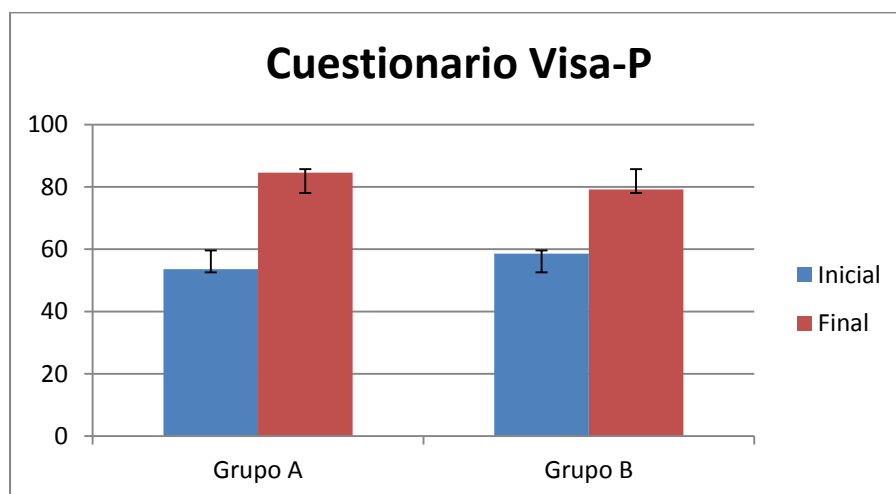


Figura 31. Análisis gráfico de funcionalidad en grupos de estudio.

En el análisis de la funcionalidad mediante el cuestionario Visa-P se evidenció cambios en los porcentajes tanto en el Grupo A (control) como en el Grupo B (experimental). En el grupo A hubo una variabilidad entre la toma inicial y final de 31% en el porcentaje, mientras que en el porcentaje del Grupo B varía entre la toma inicial y final de 20,6%; estos porcentajes son estadísticamente más significativos dentro del grupo A.

Tabla 12.

Análisis de los porcentajes de funcionalidad en los grupos de estudio.

| GRUPO | PROMEDIO INICIAL | PROMEDIO FINAL |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Grupo A (Control) | 53,6 | 84,6 |
| Grupo B (Experimental) | 58,6 | 79,2 |

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y LÍMITES DEL ESTUDIO

3.5 Discusión

Dolor

En la valoración de dolor en el estudio se obtuvo cambios significativos tanto para el grupo control del 2%, como en el grupo experimental del 1,75%, lo que sugiere que el tratamiento con EE ayuda a la disminución en la intensidad del dolor en pacientes que presentan TR, esto concuerda con los datos mostrados en el análisis de la eficacia de la terapia utilizando de EE sobre un plano inclinado con el fin del alivio de dolor en TP y mejora funcionalidad (Araya et al, 2012; Gómez, 2016).

Se ha demostrado que el tratamiento de fortalecimiento muscular utilizando EE en tendinopatías crónicas de manguito rotador durante 12 semanas mejora la calidad de vida y la sintomatología de dolor (Bernhardsson et al, 2011; Macías & Pérez, 2015).

Perímetros Musculares

En lo que se refiere a perímetros musculares en el estudio no se mostró diferencias significativas entre el grupo control y grupo experimental, obteniendo así valores del 0,72% y 0,76% respectivamente en la toma final de los perímetros musculares. Lo cual tiene concordancia con el estudio realizado por Baptista et al, 2016 en donde se evidenció que no existieron diferencias significativas entre los grupos tratados con EE para cuádriceps vs ejercicios concéntricos para cuádriceps.

Por otro lado Reeves et al, 2009, realizó un estudio comparativo de fortalecimiento muscular entre fortalecimiento convencional y EE, con 3 sesiones semanales por 14 semanas, donde se evidenció un cambio significativo en el grupo de fortalecimiento muscular utilizando EE. Es así que, se considera que el tiempo de tratamiento y el número de sesiones juega un rol importante para el aumento del trofismo de la masa muscular.

Así mismo, Linares et al, 2004 describió que con respecto a electroestimulación de tipo Kotz o rusas, existe bases suficientes sobre la ganancia de fuerza e hipertrofia, pero poca evidencia en cuanto a si la electroestimulación tiene mejores beneficios que la contracción voluntaria, además describe que la electroestimulación junto a un

entrenamiento de fortalecimiento diario de contracción voluntaria mejora el rendimiento de los músculos tratados.

Reclutamiento de fibras Musculares

En relación al reclutamiento de fibras musculares de vasto interno y externo en este estudio se observó diferencias significativas entre ambos grupos, siendo para el grupo control un valor en la evaluación final de 328,8% para vasto interno, pero no mostro diferencias significativas en vasto externo y para el grupo experimental un valor final de 317% en lo que respecta a vasto interno y un valor de 394% para el vasto externo. Carol Oasti, 2009, en su libro menciona la importancia de la activacion y reclutamiento de fibras musculares del vasto interno para realizar la extensión de rodilla, estabilización de la rótula durante la extensión y equilibrando la fuerza de tracción del vasto externo, mientras tanto Linnamo et al, 2002 en su estudio basado en la comparación de EE y concéntricos a diferentes niveles de fuerza (60- 80- 100%) constató que, en los ejercicios concéntricos obtenían mejores resultados que los EE en el reclutamiento de fibras musculares con un valor de $p= 0,001$ para el 60-80% de fuerza y un valor de ($p= <0,05$) para el 100% de fuerza, pero en la evaluación de fuerza final absoluta tuvo cambios significativamente mayores en los excéntricos que en los concéntricos. Esto concuerda con nuestro estudio, en el grupo control, ya que durante los EE el alargamiento de sus fibras musculares causa la disminución de la velocidad de conducción en las fibras musculares, mientras que los pacientes del grupo experimental al tener aporte de electroestimulación ocasiona que las fibras musculares aumenten la velocidad de conducción (Coarsa et al., 2000, pp. 408-409).

Sin embargo, otros estudios muestran que la activación muscular medida mediante electromiografía superficial en musculatura del cuádriceps, no encuentran diferencia en grupos tratados con EE y ejercicios concéntricos (Garcia & Usach, 2006).

Por otra parte, un estudio realizado en futbolistas de élite, se encontró resultados significativos en la activación muscular durante el squat y la zancada en el vasto medial así como en el músculo semitendinoso, pero no se encontró diferencias significativas entre la activación muscular durante las actividades entre estos dos músculos (Torres et al, 2014).

Cuestionario Visa-P

En cuanto al cuestionario de funcionabilidad Visa-P en el estudio se obtuvo cambios significativos en el grupo control con un valor de 31% y grupo experimental con un valor no significativo siendo 20,6%, lo que concuerda con el estudio realizado por Jonsson & Alfredson, 2005 en donde se realizó un estudio comparativo utilizando el cuestionario Visa-P en pacientes con TR, aplicando a un grupo EE y a otro ejercicios concéntricos, obteniendo como resultado que los pacientes con tratamiento de ejercicios concéntricos la no continuidad del tratamiento a causa de dolor durante y después de la actividad física, mientras que el grupo de pacientes con EE la puntuación del cuestionario Visa-P obtuvo cambios significativos.

3.6 Límites del estudio

El trabajo investigativo se fundamentó en el protocolo de Stanish y Curwin el cual se diseñó EE durante 6 a 8 semanas realizando 3 series de 10 repeticiones. Durante la fase experimental existió una limitación de tiempo empleado, por ello se tomó como referencia 6 semanas, considerando una fuente de futuras investigaciones.

Conclusiones

En los grupos de estudio se puede concluir:

- Durante la valoración inicial y final del dolor al implementar ejercicios excéntricos se evidencia una disminución del dolor, lo que genera cambios estadísticamente significativos en el estudio.
- En cuanto a los perímetros musculares los pacientes tanto del grupo A como B, el protocolo utilizado no evidenció cambios a nivel del volumen muscular de los deportistas tratados.
- El programa de fortalecimiento muscular utilizando ejercicios excéntricos de 3 sesiones por semana durante 6 semanas tanto en el grupo A como en el B, mostraron cambios a nivel de reclutamiento de fibras musculares tanto en el vasto interno y externo, sin embargo el grupo que realizó un tratamiento con electroestimulación no marco diferencias entre ellos.
- El tratamiento con electroestimulación no presentó estadísticamente datos sobresalientes, proporcionando así de esta manera mayor importancia al tratamiento con ejercicios excéntricos.
- En el análisis de la funcionalidad mediante el cuestionario de Visa-P, mostró cambios significativos en porcentajes de los dos grupos de estudio en tendinopatías rotulianas crónicas.

Recomendaciones

- En un tratamiento de TR, para evidenciar cambios a nivel de masa muscular se debe utilizar un programa de fortalecimiento con ejercicios excéntricos con una frecuencia de tres días a la semana, dos veces al día durante 8 a 12 semanas.
- Se puede considerar aumentar el número de participantes en los dos grupos de estudio para conseguir mayores cambios estadísticamente significativos.
- Considerar un estudio comparativo entre pacientes de género masculino y femenino para así valorar los distintos cambios que existen entre el género.
- Se puede tomar como variable la fuerza para así verificar si el ejercicio excéntrico influye en la fuerza aplicada en la acción del cuádriceps.
- Promover e incluir la aplicación de ejercicios excéntricos en tendinopatías rotulianas en los protocolos de tratamiento en fisioterapeutas y así disminuir los tiempos de recuperación en los pacientes.

REFERENCIAS

- Araya, F., Gutiérrez, H., Aguilera, R., Polanco, N. y Valenzuela, J. (2012). Ejercicio excéntrico declinado en la tendinopatía patelar crónica: Revisión Sistemática. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(2), 75-82.
- Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M., & Chatard, J. C. (2007). Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 431.
- Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Editorial Inde publicaciones. Barcelona-España, 120-122.
- Barcelona FC. (2012). Guía de práctica clínica de las tendinopatías: diagnóstico, tratamiento y prevención. *Elsevier Doyma*, 47(176), 143-168.
- Basas, A., Lorenzo, A., Gómez, M., Moreno, C. & Ramírez, C. (2014). Exercise Protocol and Electrical Muscle Stimulation in the Prevention, Treatment and Readaptation of Jumper's Knee. *New Studies in Athletics*, (2), 41-51.
- Baptista, R., Onzi, E., Goulart, N., Dos Santos, L., Makarewicz, G., & Vaz, M. (2016). Efectos del Entrenamiento de la Fuerza Concéntrica Versus Excéntrica en la Estructura y Función del Extensor de Rodilla en Adultos Mayores. *PubliCE Premium*.
- Bernhardsson, S., Klintberg, I. H., & Wendt, G. K. (2011). Evaluation of an exercise concept focusing on eccentric strength training of the rotator cuff for patients with subacromial impingement syndrome. *Clinical rehabilitation*, 25(1), 69-78.
- Bonilla, P., Chavarria, M. y Grajales, C. (2016). Tendinitis rotuliana (rodilla del saltador). *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 73(620), 519-523.
- Brukner, P., & Khan, K. (2012). *Brukner & Khan's Clinical sports medicine*. (4 ed.). Australia. McGraw-Hill.
- Cardoso, M. (2010). Protocolo preventivo para tendinitis rotuliana. Recuperado el 15 de abril de 2017 de http://www.akd.org.ar/img/revistas/articulos/art1_46.pdf

- Crupnik J. (2012). Efecto de las ondas de choque radiales más entrenamiento excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana crónica. *Rev Asoc Argent Traumatol Deporte*, 19(1):17–29.
- Cunha, L., Mancini, M., Zacaron, F., Da Silva, J, Da Silva-Grigoletto, M & Vianna, J. (2016). Actividad Electromiográfica y Carga de 15RM durante Ejercicios de Resistencia en Superficies Estables e Inestables. PubliCE Premium. Recuperado el 17 de mayo de 2017: <http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-resistencia/articulos/actividad-electromiografica-y-carga-de-15rm-durante-ejercicios-de-resistencia-en-superficies-estables-e-inestables-2130>
- Del Castillo, J. (2015). Electroestimulación: Terapia, rendimiento, recuperación, composición corporal, contraindicaciones, hipertrofia y sedentarismo. Recuperado el 15 de mayo de 2017: <https://www.josemief.com/electroestimulacion-simposio/>
- Eriksson, E., Haggmark, T., Kiesseling, K-H., y Karlsson, J. (1981). Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *International Journal of Sport Medicine*, 2, 18- 22.
- Esparza, F., Barrera, F., Abellán, J., Fernández, T. y González, L. (2011). Prevención de la tendinopatía rotuliana con ejercicios excéntricos en deportistas. *Trauma Fund MAPFRE*, 22 (4), 241-247
- Flórez, M., Echavarri, C. y Pavón, M. (2003). Programas de ejercicios en tendinopatías. *Unidad de Rehabilitación. Fundación Hospital Alcorcón*, 37(6), 354-62.
- Fredberg, K. (2008). Chronic tendinopathy tissue pathology, pain mechanisms, and etiology with a special focus on inflammation. *Scand J Med Sci Sports*, (18), 3-15.
- García, A & Usach, R. (2006). Relación entre la fuerza y la electromiografía (EMG) del vasto interno del cuádriceps, en movimientos de media sentadilla con carga. *Biomecánica*, 14(2), 12-16.
- Giménez, L., Larma, A., Álvarez, J. (2014). Prevención de las tendinopatías en el deporte. *Arch Med Deporte*, 31(3):205-212.

- Gómez, J. (2016). Eficacia de los ejercicios excéntricos en tendinopatías rotulianas. Revisión bibliográfica. *Arch Med Deporte*, 33(1):59-66.
- Hernández, S., Hidalgo, M. & Gómez, A. (2011). Cross-cultural adaptation of VISA-P score for patellar tendinopathy in Spanish population. *J Orthop Sports Phys Ther*, 41, 581–91.
- Hernández, S., Abat, F., Hidalgo, M., Cuesta, A., Segarra, V., Sánchez, J. & Gómez, A. (2016). Confirmatory factor analysis of VISA-P scale and measurement invariance across sexes in athletes with patellar tendinopathy. *Elsevier*, 1-7.
- Jonsson, P., & Alfredson, H. (2005). Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *British journal of sports medicine*, 39(11), 847-850.
- Jurado, A., Medina, I. (2008). *Tendón*. (1ª Edición). Barcelona, España: Paidotribo.
- Kapandji, A. (2010). *Fisiología Articular*. (6ª Edición). Madrid, España: Panamericana.
- Kaux, J., Drion, P., Libertiaux, V., Colige, A., Hoffmann, A. & Nusgens, B. (2013) Eccentric training improves tendon biomechanical properties: A rat model. *Journal of Orthopaedic Research*, 31(1), 119-24.
- Lake, D. (1992). Neuromuscular electrical stimulation. *Sports Medicine*, 13(5), 320-336.
- Linares, M., Escalante, K. y La Touche, R. (2004). Revisión bibliográfica de las corrientes y parámetros más efectivos en la electroestimulación del cuádriceps. *Fisioterapia*, 26(4), 235-244.
- Linnamo, V., Strojnik, V., & Komi, P. (2002). EMG power spectrum and features of the superimposed M-wave during voluntary eccentric and concentric actions at different activation levels. *European journal of applied physiology*, 86(6), 534-540.
- Lozano, A. H., Morales, M. A., Lorenzo, C. M., & Sánchez, A. C. (2006). Dolor y estrés en fisioterapia: algometría de presión. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 9(1), 3-10.

- Macías, S., y Pérez, L. (2015). Fortalecimiento excéntrico en tendinopatías del manguito de los rotadores asociadas a pinzamiento subacromial. Evidencia actual. *Cirugía y Cirujanos*, 83(1): 74-80.
- Maffiuletti, A., Gometti, C., Amiridis, G., Martin, A., Pousson, M. & Chatard, J. C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine*, 21(06), 437-443.
- Medina, I. (2011). *El ejercicio excéntrico como terapia conservadora en las tendinopatías: pasado, presente y futuro*. Escuela Universitaria de fisioterapia de la Once. Madrid, España: ONCE.
- Medina, D. (2012). Guía de práctica clínica de las tendinopatías: diagnóstico, tratamiento y prevención. *Apunts Med Esport*, 47(176):143-168.
- Moore, K., Dailey, A., Agur, A. (2013). *Anatomía con orientación clínica*. (7ª Edición). Madrid, España: Wolters Kluwer Health, S.A.
- Peters, J. A., Zwerver, J., Diercks, R. L., Elferink-Gemser, M. T., & van den Akker-Scheek, I. (2016). Preventive interventions for tendinopathy: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(3), 205-211.
- Pruna, R., Medina, D., Font, R., y Artells, R. (2013). Tendinopatía rotuliana. Modelo de actuación terapéutica en el deporte. *Medicina clínica*, 141(3), 119-124.
- Reeves, N. D., Maganaris, C. N., Longo, S., & Narici, M. V. (2009). Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Experimental physiology*, 94(7), 825-833.
- Rodríguez, A. (2016). Tendinopatía y nuevas opciones de tratamiento. Recuperado el 14 de mayo de 2017 de <http://www.samem.es/wp-content/uploads/2016/02/0845-04-aldara-rodriguez-Tendinopatias-full.pdf>
- Rudavsky, A., Cook, J. (2014). Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *Journal of Physiotherapy*, 60: 122-129.
- Sanchís, D. (2012). Las tendinopatías del tendón de Aquiles y del tendón Rotuliano: tratamiento y prevención. Recuperado el 30 de marzo de 2017 de <http://www.feb.es/Documentos/Archivo/pdf/medicina/articulos/Tendinopatias.pdf>
- Schwartz, A., Watson, J., Hutchinson, M. (2015). Patellar Tendinopathy. *Sports Health*, 7(5), 415-420.

- Torres, G., García, C., Rueda, J., Navandar, A., & Navarro, E. (2014). Activación muscular de cuádriceps e isquiotibiales en distintos ejercicios de fuerza. In *En: F. del Villar, F. Claver y P. Fuentes (Eds), Libro de Actas del VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Cáceres, AECD.*
- Vásquez, A., Sanz, J., Wanden, C. (2013). Ejercicio excéntrico como recurso físico preventivo en personas mayores de 65 años: Revisión Sistemática. *ResearchGate*, 10(3), 16-24.
- Vega, A. (2014). Tendinitis patellar (rodilla del saltador). *Orthotips*, 10(3). 179-184.
- Ward, R., & Shkuratova, N. (2002). Russian electrical stimulation: the early experiments. *Physical therapy*, 82(10), 1019-1030.

ANEXOS

ANEXO 1: Consentimiento informado.

Quito, ____ de _____ del 2017

CONSENTIMIENTO INFORMADO

1. Yo.....con C.I....., declaro que autorizo a Karen Chimarro y Robert Duque, estudiantes de Fisioterapia de la Universidad de las Américas, para utilizar mis datos para la realización de un estudio.
2. Dejo expresa constancia que por medio del presente documento cedo de manera voluntaria los derechos de los datos que se arrojaran en el estudio y sin recibir ningún pago, compensación o retribución por ningún concepto.
3. Queda establecido que los datos del estudio son propiedad del personal que realiza el estudio a partir de la cesión otorgada por mi persona en este documento y autorizo a que el uso de mis datos sea indefinido.

Nombre del Autorizante:**Número de cédula:****Firma del Autorizante:**

ANEXO 2: Cuestionario de valoración Visa-P: tendinopatía rotuliana.

Cuestionario de valoración VISA-P (Victorian Institute of Sports Assessment) : TENDINOPATÍA ROTULIANA

Este es un cuestionario para la valoración de la gravedad de los síntomas en individuos con tendinopatía rotuliana. El término "dolor" en el cuestionario hace referencia a la zona específica del tendón rotuliano.

Para indicar su intensidad de dolor, por favor, marque de 0 a 10 en la escala teniendo en cuenta que

0 = ausencia de dolor y 10 = máximo dolor que imagina.

1.- ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor?

| | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|
| 0-15 min | 15-30 min | 30-60 min | 60-90 min | 90-120 min | >120 min |
| 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |

PUNTOS

2.- ¿Le duele al bajar escaleras con paso normal?

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| Sin dolor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Dolor muy intenso |
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

PUNTOS

3.- ¿Le duele la rodilla al extenderla completamente sin apoyar el pie en el suelo?

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| Sin dolor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Dolor muy intenso |
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

PUNTOS

4.- ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar un gesto de "zancada" (flexión de rodilla tras un movimiento amplio hacia delante con carga completa del peso corporal sobre la pierna adelantada)



| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| Sin dolor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Dolor muy intenso |
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

PUNTOS

5.- ¿Tiene problemas para ponerse en cuclillas?

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------|
| Sin problemas | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Incapaz |
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

PUNTOS

6.- ¿Le duele al hacer 10 saltos seguidos sobre la pierna afectada o inmediatamente después de hacerlos?

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------------------|
| Sin dolor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Dolor muy intenso/ Incapaz |
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |

PUNTOS

(Hernández et al., 2011).

7.- ¿Practica algún deporte o actividad física en la actualidad?

PUNTOS

- 0 No, en absoluto
- 4 Entrenamiento modificado y/o competición modificada
- 7 Entrenamiento completo y/o competición, pero a menor nivel que cuando empezaron los síntomas
- 10 Competición al mismo nivel o mayor que cuando empezaron los síntomas

8.- Por favor, conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:

- Si no tiene dolor al realizar deporte, por favor, conteste sólo a la pregunta 8A
- Si tiene dolor mientras realiza el deporte pero éste no le impide completar la actividad, por favor, conteste únicamente la pregunta 8B
- Si tiene dolor en la rodilla y éste le impide realizar deporte, por favor, conteste solamente la pregunta 8C

8A.- Si no tiene dolor mientras realiza deporte, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando?

PUNTOS

| | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0-20 minutos | 20-40 minutos | 40-60 minutos | 60-90 minutos | > 90 minutos |
| 6 | 12 | 18 | 24 | 30 |

8B.- Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte pero éste no obliga a interrumpir el entrenamiento o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte?

PUNTOS

| | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| 0-15 minutos | 15-30 minutos | 30-45 minutos | 45-60 minutos | > 60 minutos |
| 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |

8C.- Si tiene dolor que le obliga a detener el entrenamiento o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física?

PUNTOS

| | | | | |
|------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Nada | 0-10 minutos | 10-20 minutos | 20-30 minutos | > 30 minutos |
| 0 | 2 | 5 | 7 | 10 |

PUNTUACIÓN TOTAL: /100

Nombre: Fecha:

(Hernández et al., 2011).

Anexo 3: Ficha de Evaluación



Ficha de Evaluación

Nombre:.....Edad.....

Deporte que realiza.....

Días de entrenamiento.....

Diagnóstico médico.....

Enfermedad Actual

.....

.....

.....

.....

.....

Evaluación fisioterapéutica

| VARIABLE | INICIAL | FINAL |
|--|---------|-------|
| Dolor | | |
| Perímetros Musculares | | |
| Reclutamiento de Fibras musculares del Vasto Interno | | |
| Reclutamiento de Fibras musculares del Vasto Externo | | |
| Funcionalidad(Visa-P) | | |

