



Orthosis for Pedrada Syndrome Level II

Camilo Ospina, Sara Romero, Manuela Barrera, Vanessa Cocoma,
Laura Amado and Derian Espinosa

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

May 29, 2023

Ortesis para Síndrome de la Pedrada Grado II

Orthosis for Pedrada Syndrome Grade II

Camilo Andres Ospina Nieto
est.camilo.ospina@unimilitar.edu.co

Sara Romero Vargas
est.sara.romero1@unimilitar.edu.co

Manuela Julieth Barrera López
est.manuela.barrera@unimilitar.edu.co

Vanessa Alexandra Cocoma Joya
est.vanessa.cocoma@unimilitar.edu.co

Laura Marcela Amado Amado
est.laura.amado@unimilitar.edu.co

Derian David Espinosa Montes
derian.espinosa@unimilitar.edu.co

Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Biomédica

Resumen

Las personas que padecen del Síndrome de Pedrada Grado 2 sufren de un dolor intenso, inflamación y una disfunción muscular significativa. Aunque existen terapias de rehabilitación disponibles, estas pueden no ser lo suficientemente efectivas para que el paciente pueda retomar sus actividades cotidianas en un plazo razonable. Con el fin de abordar este problema, se ha diseñado una ortesis que utiliza un vendaje compresivo y electroestimulación para reducir la inflamación y el dolor, al mismo tiempo que evita la atrofia muscular, lo que acelera significativamente el proceso de rehabilitación. Además, esta ortesis también cuenta con una función de asistencia al movimiento de la plantiflexión del tobillo, lo que reduce la contracción del músculo gastrocnemio y permite que los pacientes realicen sus actividades diarias con mayor facilidad. El diseño de la ortesis se realiza a partir de los requerimientos del usuario utilizando el software SolidWorks, y posteriormente se lleva a cabo un análisis de elementos finitos para determinar su capacidad de carga. Después de la implementación de la ortesis en el paciente, se llevaron a cabo una serie de estudios con el fin de evaluar la eficacia de la ortesis y la recuperación del paciente. Estos estudios incluyeron pruebas cualitativas de dolor, pruebas de capacidad de movimiento, mediciones en plataformas de fuerza y análisis de electromiografía, antes y después del uso de la ortesis en donde se registró una disminución significativa del dolor reportada por el paciente. Además, se observó una mejora en las capacidades de la marcha y se evidenció la regeneración de las fibras musculares, lo que contribuyó a una recuperación exitosa del paciente. Finalmente, la ortesis ayuda a reducir la presión en los compartimentos musculares y mejora la recuperación del paciente de forma más rápida.

Palabras Clave: Electroestimulación, músculo, ortesis.

Abstract

People suffering from Pedrada Syndrome Grade 2 suffer from severe pain, swelling and significant muscle dysfunction. Although rehabilitation therapies are available, they may not be effective enough for the patient to resume daily activities within a reasonable time frame. In order to address this problem, an orthosis has been designed that uses compression bandaging and electrostimulation to reduce inflammation and pain while preventing muscle atrophy, which significantly accelerates the rehabilitation process. In addition, this orthosis also has an ankle plantar flexion motion assist function, which reduces gastrocnemius muscle contraction and allows patients to perform daily activities with greater ease. The orthosis is designed based on the user's requirements using SolidWorks software, followed by a finite element analysis to determine its load-bearing capacity. After implementation of the orthosis on the patient, a series of studies were carried out in order to evaluate the effectiveness of the orthosis and the patient's recovery. These studies included qualitative pain tests, movement capacity tests, strength platform measurements and electromyography analysis, before and after the use of the orthosis where a significant decrease in pain reported by the patient was recorded. In addition, an improvement in walking abilities was observed and regeneration of muscle fibers was evidenced, which contributed to a successful recovery of the patient. Finally, the orthosis helps to reduce pressure in the muscle compartments and improves the patient's recovery faster.

Keywords: Electrostimulation, muscle, orthosis.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las lesiones musculares representan entre el 30-60% de todas las lesiones deportivas. La mayor incidencia de este tipo de lesiones se da en el músculo bíceps femoral (30%), seguido del abductor mediano (18%), cabeza medial del gastrocnemio (16%), del cuádriceps (12%), del semitendinoso (5%) y de otros (19%). Suele producirse en personas que practican deportes de raqueta, carrera, baloncesto, fútbol siendo más frecuente en varones de mediana edad.[1]

La rotura de fibras en el gemelo es una lesión muscular que se produce cuando las fibras musculares del músculo gastrocnemio, que forma parte de la pantorrilla, se estiran más allá de su límite elástico o se desgarran. Esta lesión suele ser el resultado de una actividad física intensa y repetitiva, como correr, saltar o cambiar rápidamente de dirección, o por una fuerza súbita y excesiva, como una contracción brusca del músculo durante una actividad deportiva o un golpe directo en la zona. [2] La rotura de fibras en el gemelo se clasifica según la gravedad de la lesión en grado 1, 2 o 3, dependiendo de la cantidad de fibras musculares rotas y la intensidad del dolor y la inflamación en la zona afectada. En el caso de una rotura de fibras en el gemelo de grado 2, la lesión es más extensa y puede haber una pérdida de la fuerza muscular y un dolor más intenso. [3]

El tratamiento para la rotura de fibras en el gemelo puede incluir reposo, aplicación de hielo y compresión, elevación de la zona afectada y fisioterapia para recuperar la fuerza y la flexibilidad del músculo lesionado. Además, la electroestimulación puede ayudar a acelerar la recuperación de las fibras musculares del gemelo, ya que estimula la circulación sanguínea y el flujo de nutrientes y oxígeno a la zona afectada, lo que puede mejorar la reparación de los tejidos dañados. [4] También, la electroestimulación puede mejorar la fuerza y la flexibilidad del músculo, lo que puede ayudar a prevenir futuras lesiones.

En el estudio "Modelado y Control de un Exoesqueleto para la Rehabilitación de Extremidad Inferior con dos grados de libertad" [5] se centra en el diseño de un exoesqueleto para la rehabilitación de miembros inferiores en pacientes que sufren de lesiones o discapacidades físicas. El dispositivo cuenta con dos grados de libertad y está diseñado para permitir el movimiento natural de la articulación de la rodilla y la cadera.

Teniendo en cuenta lo anterior, Martínez, Gomez y Manrique [6] realizaron un estudio que se enfoca en la evaluación clínica de la ortesis de miembro superior con FES, en la que se incluyen pruebas de funcionalidad, medición de la espasticidad y análisis de la calidad de vida de los pacientes. Los resultados muestran que la ortesis con FES puede ayudar a reducir la espasticidad, mejorar la función y la calidad de vida de los pacientes con espasticidad en miembro superior.

A pesar de que existen diversas terapias de rehabilitación para el síndrome de la pedrada, algunas pueden no ser suficientemente efectivas para lograr una recuperación completa y rápida, lo que puede dificultar que el paciente pueda retomar sus actividades cotidianas en un plazo razonable. Con el objetivo de abordar este problema, se ha propuesto el diseño de una ortesis que combina el uso de un vendaje compresivo y la electroestimulación para reducir la inflamación y el dolor, y cuenta con una banda elástica para facilitar la realización de la plantiflexión y ayudar al músculo gastrocnemio en el proceso de recuperación. Esta ortesis ha sido diseñada para mejorar la eficacia del tratamiento de rotura de fibras del gemelo, reducir los tiempos de recuperación y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

A. Requerimientos de usuario

En el diseño de una ortesis para Síndrome de la Pedrada Grado II, es fundamental comenzar con una comprensión clara de los requerimientos del usuario. Esto implica la identificación y análisis de las necesidades del paciente, con el fin de definir las características, funcionalidades y especificaciones técnicas necesarias para satisfacer dichas necesidades como se observa en la siguiente tabla.

TABLA 1. Requerimientos de usuario.

| Requerimientos de usuario | Variables de ingeniería |
|---------------------------|-------------------------|
| Liviano | Peso (Kg) |
| Sistema de estimulación | Corriente (mA) |
| Vida útil | Durabilidad (Años) |
| Funcionamiento óptimo | Pruebas de fuerzas |
| Fácil limpieza | Material |

B. Parámetros de diseño

En primer lugar, se establece el diagrama de fuerzas que va a tener la ortesis, considerando la fuerza en el dorso del pie (FD) en dirección inferior y la fuerza de la planta del pie (FPL) en dirección superior como se observa en la figura 1. La correcta identificación de estas fuerzas es fundamental para determinar la distribución de la carga que actúa sobre la ortesis, lo que a su vez es esencial para garantizar la correcta estabilización y soporte de la extremidad afectada.

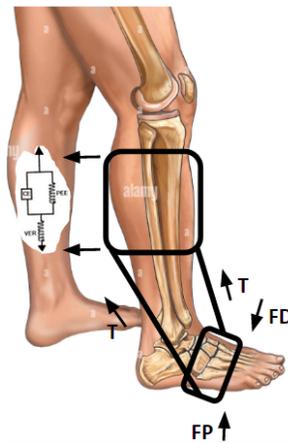


Fig 1. Diagrama de fuerzas. REFERENCIAR

Posteriormente, se procede a realizar el método de selección de materiales, que consiste en evaluar diferentes variables y propiedades mecánicas de los materiales disponibles en el mercado, con el fin de determinar cuál es el más adecuado para cumplir con los requerimientos establecidos para la ortesis de electroestimulación del síndrome de pedrada grado 2. En este proceso, se evalúa principalmente el módulo de Young y la elasticidad de los materiales, que son indicadores importantes de su capacidad para resistir deformaciones y mantener la forma después de aplicar una carga.

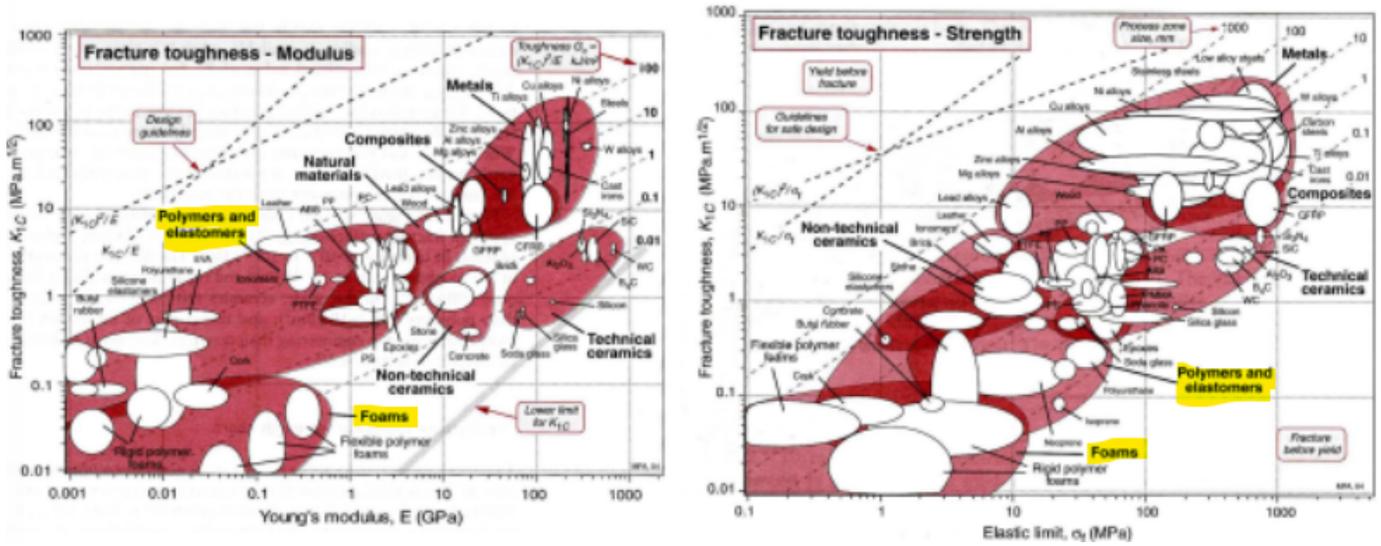


Fig 2. Método de elección de materiales. REFERENCIAR

Tras analizar los datos de diferentes materiales disponibles en el mercado mediante el método de selección de materiales, se determinó que los más adecuados para la implementación del diseño son los siguientes.

TABLA 2. Materiales para el diseño.

| Materiales | Cantidad |
|---|----------|
| Banda elástica | 1 |
| FES (Componentes electrónicos y electrodos) | 1 |
| PLA | 1 |
| Media de compresión | 1 |

Luego de establecer los requerimientos y materiales adecuados, se procede a realizar el diseño en Solidworks. Este diseño se realiza de acuerdo a las medidas del paciente y teniendo en cuenta los requerimientos previamente definidos. El diseño en 3D permite visualizar la ortesis desde diferentes ángulos y verificar que cumple con las especificaciones establecidas.

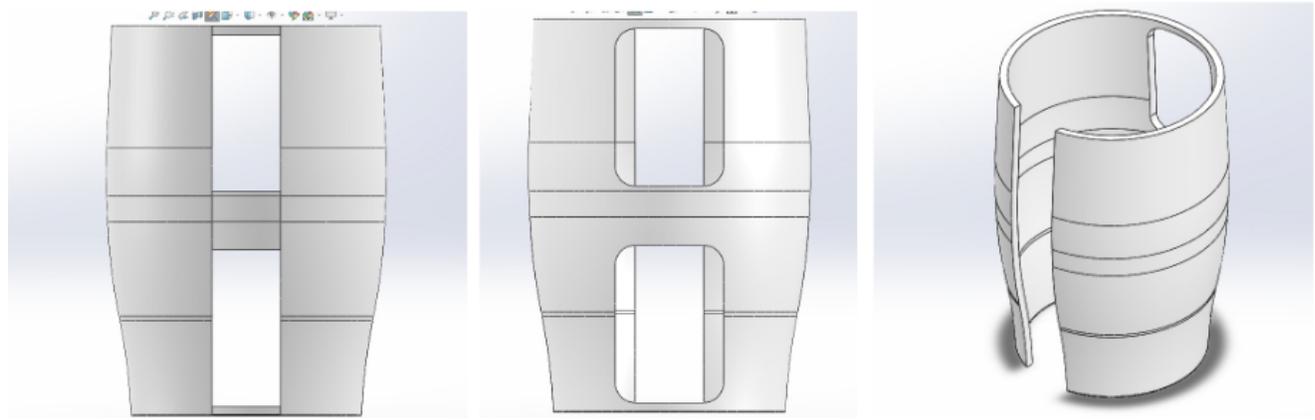


Fig 3. Diseño en SolidWorks.

Después, se llevó a cabo el análisis de elementos finitos, el cual se utiliza para verificar que las dimensiones y los materiales seleccionados para los componentes de la ortesis sean suficientemente resistentes para soportar las fuerzas y momentos a los que estarán sometidos. El análisis de elementos finitos se realiza mediante la simulación computacional del comportamiento de la ortesis en diferentes escenarios, el primer estudio se realizó a una carga de 3500 N, y no obtuvo ninguna deformación como se observa en la figura 4. Posteriormente, se realizó el análisis a una carga de 5000 N identificando posibles fallas o debilidades en el diseño y se realizó las correcciones necesarias antes de proceder con la fabricación del dispositivo.

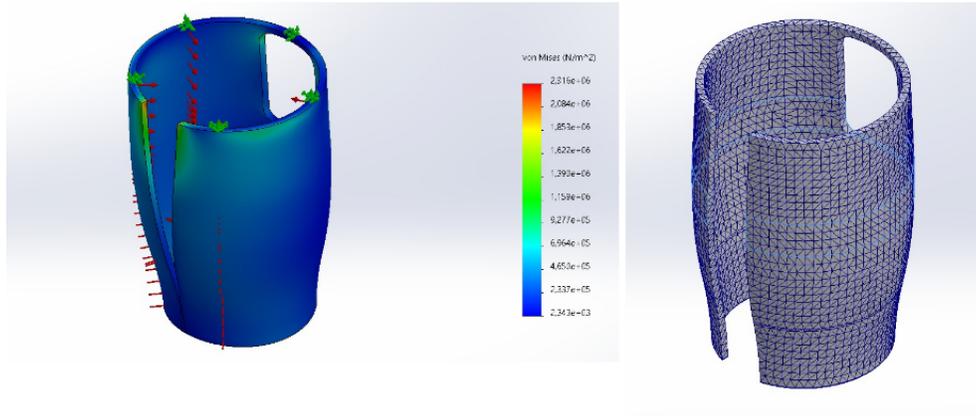


Fig 4. Análisis de elementos finitos de la ortesis.

C. Prototipo final

Luego de establecer los parámetros de diseño, se procedió a la fabricación del dispositivo utilizando la tecnología de impresión 3D. El resultado obtenido fue un prototipo del dispositivo diseñado, el cual fue evaluado y ajustado según las necesidades del usuario y las especificaciones del diseño previamente definidas.



Fig 5. Diseño final.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parte crucial de un artículo científico es la conexión entre procedimientos y resultados...

IV. CONCLUSIONES

Todo artículo científico debería equivaler a unas cuantas ideas principales...

REFERENCIAS

Aquí...

1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791214000296>
2. <https://www.fisioterapia-online.com/rotura-de-fibras-de-gemelo-que-es-causas-sintomas-diagnostico-tratamiento>
3. <https://www.fisify.com/dolor-de-pantorrilla/rotura-gemelo>
4. <https://www.fisiofocus.com/es/articulo/la-electroestimulacion-y-sus-beneficios-en-el-entrenamiento-y-la-recuperacion>
5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791214000296>
6. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/310/TBM00251.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- 7.