

1. *Análisis de caso*

El caso clínico presenta a un usuario que sufrió quemaduras de cuarto grado en miembro inferior y de tercer grado en miembro superior. Se ha realizado terapias para retomar la posibilidad de caminar y actualmente dispone de una prótesis de miembro inferior. Sin embargo, el paciente comenta que nunca ha usado una prótesis de miembro superior, lo cual produce independencia en su vida diaria.

Se ha determinado que presenta incomodidad en los muñones de la mano y dolor en la zona del hombro derecho debido a la compensación que debe hacer para hacer uso de su mano derecha.

La principal necesidad de nuestro usuario es la inserción laboral adaptada. Para ello se ha definido como puntos a tratar fortalecer la musculatura residual de la mano para lograr la independencia. Sin embargo, la principal causa de dolores e incomodidad que presenta en los muñones y factor determinante para laborar es el miembro fantasma doloroso. Debido a que es prácticamente incurable, la solución debe radicar en el control de este.

Contexto social:

Acorde a un estudio realizado entre 2016 y 2018 [1] se observó que las lesiones eléctricas representan la segunda causa más frecuente de ingreso a la unidad de quemados, variando entre un 5 a 20%. Por otro lado, los principales grupos afectados son los adultos de entre 20 a 30 años, y los menores de 20 años, representando cada grupo más del 30% de los casos. Además, se obtuvo una preponderancia masculina de un 85,3%. Esto debido a su mayor participación en labores que implican contacto con aparatos electrónicos.

En cuanto a las quemaduras eléctricas, la causa más común es la relacionada al trabajo. Tras un análisis de las respuestas de un grupo de pacientes, se observó que existe una deficiencia en el uso de equipos de protección pues el 70% de los casos afirmó usar solo calzado.

Las extremidades suelen ser la parte más afectada debido a que conducen más electricidad, esto provoca la derivación a una lesión más grave que puede conducir a la amputación de dicha extremidad. El porcentaje de amputaciones varía en diferentes estudios del 9 al 57% algunos de los sitios más comunes para la amputación están por debajo del codo y la desarticulación de los dedos. Además, los miembros superiores son los más afectados en una proporción de 4:1 con respecto a los miembros inferiores y los miembros superiores derechos amputados son el doble de los izquierdos.

La revista "Injury - International Journal of the care of the injured" [1], publicó un artículo sobre injurias por quemaduras eléctricas, del cual se rescataron los siguientes datos más relevantes:

- La tasa de amputación fue del 38% y el grupo de edad de 11 a 30 años representó el 55,5% de las amputaciones.

- Hubo 190 amputaciones mayores y 106 amputaciones menores. Las amputaciones de miembros superiores fueron cuatro veces más comunes que las de miembros inferiores y las amputaciones del lado derecho fueron dos veces más comunes que las del izquierdo.
- Se observaron amputaciones mayores cuando las personas sufrieron quemaduras por contacto eléctrico, lesiones por alto voltaje y TBSA \leq 25%.

De lo anterior, se puede analizar la relación que existe entre las quemaduras por cargas eléctricas y las amputaciones. Así mismo, en el artículo de la Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación [2], se indica que en América se realizan un promedio de 150,000 amputaciones anuales, de las cuales, el 60 % presentan DMF (Dolor del Miembro Fantasma). Además, en el 87 % de los amputados que lo padecen, sus síntomas persisten por más de dos años y la incidencia del DMF aumenta en relación con la edad de la persona amputada.

[3] El inicio de la percepción del miembro fantasma, se ha observado en el 85-98 % de los casos entre las primeras tres semanas; en el 8 % de los casos, aparece en el primer año posterior de la amputación. Se puede afirmar entonces que la aparición del DMF desaparece según transcurre el tiempo posterior a la amputación.

La aparición del DMFA se da a partir de la amputación pues se mantiene el esquema corporal de forma mental por lo que el paciente puede percibir señales que no son bien interpretadas.

El DMF se divide en dos grupos: a) sensaciones dolorosas y b) no dolorosas en el miembro fantasma y muñón según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor. Entre el 70 y el 100 % de los pacientes amputados experimentan sensaciones no dolorosas las que se clasifican en:

- a) Cinéticas: espontáneas o voluntarias.
- b) Cinestésicas: tamaño, forma y posición que pueden ser normales o distorsionadas.
- c) Exteroceptivas: tacto, presión, temperatura, prurito y vibración.

En la mayoría de los casos estas sensaciones son de baja intensidad y entre el 60-85 % de los pacientes desarrollan el DMF.

Además, a nivel mundial hay muy poca investigación con respecto al dolor en el miembro fantasma. En Costa Rica y en Latinoamérica en general, es inexistente nuevas formas de atacar el miembro fantasma debido a la falta de estudios llevados a cabo en la región. Por otro lado, un aspecto en que se quiso profundizar, porque no ha sido tan investigado como la intensidad del dolor, fue la atenuación del miembro fantasma. Sin embargo, no existe de momento para ningún país hispanoamericano una escala estandarizada que evalúa la intensidad del dolor de miembro fantasma.

Tratamiento

Actualmente no se tiene claro la eficiencia del tratamiento para el dolor del miembro fantasma, dado que solo un porcentaje menor al 10% de los pacientes que han recibido tratamiento médico logran aliviar el dolor por un largo periodo de tiempo. El tratamiento mencionado puede ser farmacológico y no farmacológico.

Tratamiento Farmacológico:

- Opiáceos
- Antidepresivos
- Anestésicos

Tratamiento no farmacológico:

- Estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (ENET): *un generador portátil de corrientes eléctricas atraviesan la piel activan fibras nerviosas.*
- Terapia electroconvulsiva (TEC): *tratamiento psiquiátrico en el cual se desencadena convulsiones breves al pasar pequeñas corrientes eléctricas al cerebro.*
- Terapia del espejo: *creación de una ilusión reflectante de la extremidad afectada.*
- Acupuntura

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0120334713001044>

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-anestesiologia-341-articulo-fisiopatologia-tratamiento-del-dolor-miembro-S0120334713001044>

2. Clínicas de problemáticas

Las consecuencias por quemaduras eléctricas resultan ser muy perjudiciales en los afectados, representando la tercera parte las amputaciones como el peor desenlace. De estos afectados, la mayoría presenta síndrome del miembro fantasma y posterior dolor del mismo. Para el tratamiento de esta dolencia, no existen métodos efectivos y accesibles para tratarlo, siendo que la población afectada representa un bajo nivel socioeconómico, se evidencia una falta de tratamientos que sean de fácil acceso económico para tratar el dolor del miembro fantasma.

3. Estado del arte

- **Prótesis mioeléctricas personalizadas de mano con retroalimentación háptica empleando tecnologías de fabricación digital en filamentos de plástico PET reciclado de bajo costo:** Fueron desarrolladas en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y el proyecto fue financiado por CONCYTEC. La propuesta se basa en un diseño de una prótesis mioeléctrica transradial personalizable que incluye un modelo de funcionamiento mixto de cuerdas y mecanismos de cuatro barras por cada uno de los dedos, un sistema de retroalimentación háptico y tacto artificial de bajo costo, implementación de los componentes mecánicos y electrónicos mediante el uso de tecnología de fabricación digital: i) Escaneo tanto la mano como la sección amputada; ii) Uso de un software desarrollado en el Grupo GIRAB para la parametrización de medidas de los dedos, la palma y la sección amputada la cual

puede variar según el nivel y tipo de amputación del usuario mediante computadora;
iii) Fabricación empleando filamento ABS para Impresión 3D.

<https://investigacion.pucp.edu.pe/grupos/girab/proyecto/protesis-mioelectricas-personalizadas-de-mano-con-retroalimentacion-haptica-empleando-fabricacion-digital-en-filamentos-plastico-pet/>

- **Biorretroalimentación EMG para el dolor de miembro fantasma constrictivo:** El tratamiento consistió en diez sesiones de biorretroalimentación EMG, con una frecuencia de dos veces por semana. Además se recolectó por medio de entrevistas semi estructuradas información sobre la atenuación del dolor, las creencias sobre el miembro fantasma y sobre su efecto en la vida cotidiana. Tres participantes completaron el estudio, quienes reportaron en el seguimiento llevado a cabo dos meses después una reducción del 46.8% en la intensidad del dolor, además de que se había atenuado la sensación fantasma.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130527415000110>

- **Sistema de rehabilitación de miembro fantasma usando una Interfaz de cerebro, computador y realidad aumentada:**

La solución propuesta integra una interfaz cerebro-computador, que traduce las representaciones mentales en comandos de control para una prótesis virtual, y una interfaz de AR a cargo de la visualización y la animación de la prótesis virtual. Esto permite que un sujeto tenga un control cognitivo de dicha prótesis, y una retroalimentación visual más real del movimiento de su extremidad ausente. Además, este puede ser utilizado como sistema de rehabilitación en el hogar debido a su portabilidad. El sistema desarrollado puede ser utilizado para reconocer el muñón por su geometría en lugar de una imagen de la textura de la media. Por su parte, el tratamiento se puede adaptar para utilizarlo en amputaciones de extremidades inferiores, mientras que el modelo virtual, puede ser más realista mediante el uso de texturas que puedan replicar el color de la piel, las uñas, y los poros, y tienen la posibilidad de ser utilizados en pacientes con diferentes colores de piel.

https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Pena-18/publication/255717924_Sistema_para_Rehabilitacion_del_Sindrome_del_Miembro_Fantasma_utilizando_Interfaz_Cerebro-Computador_y_Realidad_Aumentada/links/582c3e9b08aef19cb807559d/Sistema-para-Rehabilitacion-del-Sindrome-del-Miembro-Fantasma-utilizando-Interfaz-Cerebro-Computador-y-Realidad-Aumentada.pdf

[1] Dash S, Arumugam PK, Muthukumar V, Kumath M, Sharma S. Study of clinical pattern of limb loss in electrical burn injuries. Injury. 2021 Jul;52(7):1925-1933. doi: 10.1016/j.injury.2021.04.028. Epub 2021 Apr 9. PMID: 33902868. Recuperado 31 de agosto de 2023, de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33902868/>

[2] de Armas Mestre, Joanna, Hernández Mesa, Nibaldo, & Soria Pérez, Reynier. (2023). Dolor de miembro fantasma una complicación frecuente en el paciente amputado. Revista

Cubana de Anestesiología y Reanimación, 22, e838. Epub 01 de abril de 2023. Recuperado en 01 de septiembre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-67182023000100002&lng=es&tlng=es.

[3] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130527415000110>

[4] Malavera Angarita, M. A., Carrillo Villa, S., Gomezese Ribero, O. F., García, R. G., & Silva Sieger, F. A. (2014). "Fisiopatología y tratamiento del dolor de miembro fantasma. *Colombian journal of anesthesiology*" 42(1), 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.rca.2013.09.012>