

## **1. Análisis del 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 realizar para hacer uso de su mano derecha.

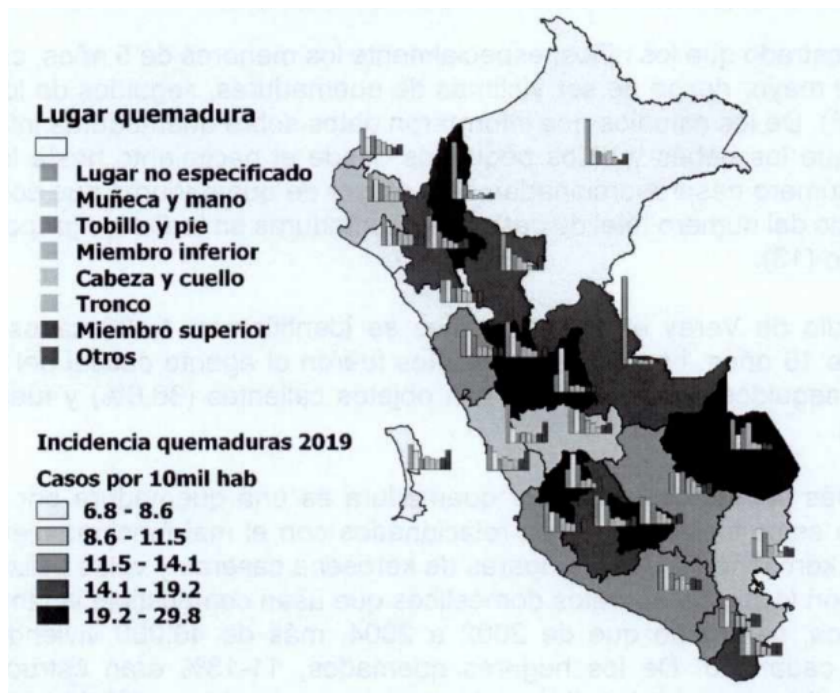
La principal necesidad de nuestro usuario es la inserción laboral adaptada. Para ello se ha definido como puntos a tratar fortalecer la musculatura residual de la mano para lograr la independencia. Sin embargo, la principal causa de dolores e incomodidad que presenta en los muñones y factor determinante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

## **2. Contexto social**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las quemaduras ocasionan aproximadamente 18000 muertes al año, que en su mayoría tienen lugar en los países de bajo y mediano ingreso. Sin embargo, las muertes son solo una parte del problema; ya que por cada persona que muere a causa de sus quemaduras, muchos quedan con discapacidades y desfiguraciones por el resto de sus vidas [1].

Un estudio realizado en China, indicó que la probabilidad de que un individuo sufra quemaduras graves durante su vida útil es del 1% [2]. Contrastante a ello, en Chile se obtuvo una incidencia de quemaduras del 2,02% y una prevalencia del 13,50% [3].

Bajo este contexto general, pasamos a estudiar el contexto de nuestro país. En Perú, los datos epidemiológicos sobre la prevalencia de quemaduras resultan escasos. Un estudio basado en datos de una cohorte de niños en 4 países, incluido Perú, estimó una incidencia de lesiones por quemaduras en los niños estudiados del 2,1%. Por otro lado, tomando en cuenta que Perú es un país de ingresos medios en el que el 25,8% de la población vive por debajo de la línea de pobreza nacional, es razonable que la prevalencia de quemaduras en Perú sea significativamente más alta que la cifra dada en China y Chile [4]. Observemos la siguiente gráfica.



*Figura. 01: Incidencia de quemaduras y localización 2019. - Fuente: HIS– Minsa 2019*

Según los datos brindados por la base de datos del HIS, se puede identificar que las localizaciones más frecuentes de quemaduras son los extremos distales de los miembros (muñecas, manos, tobillos y pies), seguida de los miembros inferiores, cabeza - cuello y su distribución varía de región en región (Fig.01).

Las causas de las lesiones por quemaduras en los países en desarrollo son muchas, pero en gran medida son prevenibles. La gran mayoría de quemaduras en la niñez ocurren en el hogar y las quemaduras en adultos en lugares de trabajos [5].

Acorde a un estudio realizado entre 2016 y 2018 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 [6].

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 [6].

Esta información de base nos aporta un antecedente de estudio de injurias eléctricas, el cual podemos analizar en la tesis presentada por La Torre TangW., con el título “Quemaduras eléctricas: estudio clínico – epidemiológico en el Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen, 1997-2001”, el cuál presentó como objetivo conocer las características clínico epidemiológicas de los pacientes con quemaduras eléctricas que

fueron tratados en la Unidad de Quemados del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen, la metodología fue de tipo descriptivo y retrospectivo [7].

El estudio incluyó a 43 pacientes cuyas historias clínicas cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Los resultados mostraron que 32 años fue la edad promedio, hubo preponderancia del sexo masculino y solamente 2 pacientes (4.65%) fueron mujeres, ambos casos pertenecen a preescolares por consecuencia de accidentes en el hogar; el grupo etario de 20 a 39 años fue el más afectado, representando un 72%, y el grupo etario mayor o igual de 50 años, así como el de menor a 20 años representan solamente el 4.66 y 4.65 % respectivamente [7].

La mayor frecuencia de quemaduras eléctricas (84%) acaecieron en el entorno laboral, el mayor número de casos (72%) fueron electricistas y personal obrero que trabajan en compañías eléctricas, en industrias o en construcción civil; los miembros superiores, principalmente las manos y el antebrazo, fueron las áreas más afectadas (38%), los miembros inferiores le siguieron en importancia; esto concordó con la manera de producción de las mencionadas lesiones, con sitio de ingreso en manos generalmente y de salida por los pies, la cara también se afectó de forma significativo (11%); en la mitad de los pacientes la superficie corporal total quemada (SCTQ) fue de 5% o menos y sólo 15% de pacientes excedió el 20% SCTQ; las quemaduras eléctricas por corriente de alto voltaje fueron las más frecuentes (65%). El promedio de SCTQ en los casos producidos por alto voltaje fue de 10.2% y en los de bajo voltaje fue de 5.1%, mientras que 8.3% fue el promedio general; los grandes quemados (promedio de SCTQ 23%) 18 fueron sólo la quinta parte de los casos y de todos los grandes quemados el 100% fue por alto voltaje; las lesiones por alto voltaje produjeron lesiones de III grado que fueron 3 veces más extensas que las de voltaje bajo [7].

Las conclusiones a las que se llegó fueron que los más afectados son jóvenes del sexo masculino, entre la tercera y cuarta década de la vida quienes trabajaban como electricistas u obreros industriales; la extensión de las quemaduras eléctricas no comprendía muchas áreas, excepto si se causaron por arco eléctrico y/o fuego debido a quemadura de la ropa del herido; las zonas anatómicas más afectadas por la injuria eléctrica son los miembros superiores e inferiores, las que generalmente sirven de entrada y salida de la corriente; las quemaduras por alto voltaje produjeron 3 veces más quemaduras de III grado que las producidas por bajo voltaje; un mes fue el promedio de estancia hospitalaria y los factores asociados a estadía hospitalaria prolongada fueron: la profundidad y la extensión de la quemadura, la ubicación de la lesión en la zona posterior del tórax y la necesidad de realizar amputación; al estar presente estos factores aumentan en un 2.5 a 3 veces la estadía hospitalaria [7].

Así mismo, en el estudio de “Análisis de los factores predictores de amputación de extremidades en pacientes con quemaduras eléctricas de alto voltaje”, realizado por Guillermo García Álvarez y Guillermo Wiegeling Cecchi, se estudiaron a 64 pacientes ingresados con quemaduras eléctricas al Servicio de Cirugía Plástica, Reconstructiva y Quemados del Hospital Nacional Arzobispo Loayza durante un período de 5 años, de los cuales, 15 de estos pacientes (9.6%) fueron sometidos a amputaciones de alguna extremidad. El análisis multivariado de los factores de riesgo entre los grupos de amputación y no amputación mostró significación estadística para los niveles de la

isoenzima CPK-MB en las primeras 24 horas. Un nivel de CPK-MB sérico por encima de 14,955 U/L predijo alto riesgo de amputación de extremidades con alta especificidad (83%) y sensibilidad (76%). Sólo un paciente con una notable disminución en los niveles de CPKt y CPK-MB tras fasciotomía evitó una amputación mayor de la extremidad [8].

### **3. Conceptos Importantes**

Las quemaduras eléctricas son consideradas un tipo de lesión especial, ya que, su fisiopatología se basa en el entendimiento de las propiedades físicas de la electricidad y la ruta de flujo de corriente a través de órganos y tejidos. El contacto con corriente eléctrica puede derivar en lesiones superficiales y/o profundas, hasta comprometer órganos y tejidos internos o incluso un compromiso multiorgánico. [9]

Las muertes por año a causa de quemaduras eléctricas a nivel mundial son alrededor de 180.000. La edad promedio de este tipo de lesiones se encuentra entre los 11 y 20 años, principalmente debido a la falta de experiencia o conocimiento sobre la manipulación de sistemas eléctricos. La prevalencia es mayor en el género masculino, 91,9% de casos. Este tipo de lesión experimenta una relación de 9:1(masculino:femenino). Afecta principalmente a personas en edad productiva, pues representa la 4ta causa de muerte a nivel laboral.

Las personas que trabajan con circuitos eléctricos o en áreas de construcción: 50% sufren accidente de alto voltaje por contacto con líneas de alimentación, 25% por herramientas o maquinarias en mal estado; además, otras causas serían la ignorancia del trabajador y por falta de elementos de protección laboral. Por otro lado, en la población infantil prevalecen quemaduras por corriente de bajo voltaje. 66,74% generando lesiones en la boca por mordedura de cables (0-3 años) o por contacto con tomas de corriente (3-6 años), generalmente ocurren en el hogar. [9]

Aspectos generales de la electricidad:

#### **3.1. Corriente eléctrica:**

- Continua o Directa: es unidireccional, está presente en baterías. Generalmente, produce una sola contracción muscular que retira a la víctima de la fuente de corriente, por lo que es considerada poco peligrosa; sin embargo, del grado de lesión depende del tipo de trauma generado.
- Alterna: es aquella en la que los electrones cambian de dirección de forma periódica. Es de 3 a 4 veces más peligrosa, ya que genera entre 40-110 contracciones musculares por segundo de forma continua llamadas tetania. Esto puede ocasionar que la corriente eléctrica retenga la víctima impidiendo su liberación del sitio de contacto, aumentando el tiempo de exposición así como aumentar el daño generando contracciones anormales de los músculos torácicos imposibilitando una adecuada respiración y causando ritmos cardíacos anormales.

Voltaje: fuerza que permite el movimiento de electrones de un átomo a otro.

- Bajo voltaje(<1000 voltios): es el tipo de lesión eléctrica más común, las víctimas son mayor mente niños y jóvenes. Las lesiones en las manos y bocas son as cumens y en adulto se presentan por el uso de herramientas defectuosas.

- Alto voltaje(>1000 voltios): es muy frecuente en accidentes laborales, debido al contacto con líneas de alimentación externas. Los tipos de lesiones varían desde lesiones superficiales en la piel hasta lesiones profundas que comprometen los músculos ocasionando rhabdomiólisis(descomposición de los músculos dañados, causa la liberación de células musculares a la sangre) y mioglobinuria(resultado de una necrosis muscular aguda), que conducen a insuficiencia renal aguda. Otras manifestaciones son hiperpotasemia(elevación del potasio plasmático >5,5 mEq/L), acidosis, mioglobina en sangre, elevación de la creatinina y creatina fosfoquinasa, además de daño del sistema nervioso. [9]

### 3.2. Mecanismos de lesión:

Los 4 principales mecanismos de lesiones producto de la electricidad son:

- Daño tisular directo: origina alteraciones en el potencial de reposo de la membrana de la célula, generando contracción muscular (tetania).
- La transformación de energía eléctrica a térmica: genera una extensa destrucción y necrosis coagulativa en los tejidos, producto de la energía térmica.
- Traumatismos causados por violentas contracciones musculares o caídas, posterior al contacto con la corriente eléctrica.
- Teoría de la electroporación: se genera alteración de las proteínas de las membranas celulares alterando su función e integridad.

Las quemaduras producidas por un agente exógeno, como la electricidad, generalmente son no térmicas; sin embargo, cuando la corriente eléctrica interactúa con los tejidos, esta es transformada a térmica, generando lesión por el calor debido a la resistencia de los mismos.

Los componentes no térmicos ocasionan la despolarización de tejidos excitables tales como el corazón, causando paro cardíaco, fibrilación ventricular u otra clase de arritmias. En cerebro hay alteración del estado de conciencia, y la presencia de la corriente eléctrica a nivel del centro respiratorio de la médula puede generar paro respiratorio.

En los térmicos, la resistencia que genera la piel al flujo de corriente eléctrica produce calor ocasionando la carbonización de los puntos de contacto, denominados puntos de entrada y/o salida; de allí continúa a través de la extremidad ocasionando el calentamiento del hueso al igual que la ropa que el individuo lleva puesta, que origina cierto grado de quemadura. Las células musculares y nerviosas (tejidos que presentan menor resistencia) son más susceptibles a daños y rupturas por corriente eléctrica .

El recorrido que hace la corriente eléctrica en el cuerpo determinará las posibles lesiones; por ejemplo, una quemadura que viaja de un brazo a otro (plano horizontal), en donde el recorrido es cercano al corazón tiene mayor compromiso para la vida que una quemadura eléctrica que tenga entrada en el miembro inferior y pase a suelo. Otros trayectos como la cabeza pueden generar compromiso directo en el cerebro ocasionando paro respiratorio, convulsiones o parálisis.

Sin embargo, a diferencia de otro tipo de quemaduras, en las quemaduras eléctricas las heridas leves o superficiales que pueden pasar desapercibidas, suelen ocasionar lesiones realmente graves en órganos internos, como corazón y cerebro. [9]

Compromiso por sistema:

- Sistema cardiovascular:

- Sistema respiratorio
- Sistema unitario
- Sistema Musculoesquelético
- Sistema nervioso
- Sistema tegumentario
- Sistema gastrointestinal
- Organos de los sentidos
- Choque eléctrico
- Choque séptico y falla multiorgánica [9]

### 3.3. Dolor fantasma (DMF):

Es la sensación dolorosa localizada en una extremidad después de que ésta ha sido amputada. Esta no corresponde al dolor localizado en el muñón ni al dolor de la cicatriz [10].

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 [11].

Según el artículo “Técnicas de en evolución para reducir el dolor del miembro fantasma”, publicado por el, existen 3 factores principales por las cuales se produce el DMF[12].

- Factores periféricos:** Tras un corte del nervio, se aprecia universalmente la formación de *neuromas*. Una característica frecuente asociada a la patología del muñón es la alteración de la sensibilidad en el mismo. En el periodo inmediatamente después de la amputación, la relación existente entre el dolor fantasma y los umbrales de dolor a la presión en el muñón son inversamente proporcionales<sup>20</sup>. Las sensaciones fantasmas pueden modularse con diversas manipulaciones sobre el muñón<sup>21</sup>. El golpeteo de los neuromas puede incrementar el dolor fantasma. Tras la anestesia local del muñón, se pueden abolir de forma temporal las sensaciones del miembro fantasma. Los cambios en el flujo sanguíneo, también pueden alterar la percepción del miembro fantasma[12].
- Factores espinales:** Se han propuestos dos mecanismos importantes para explicar estos factores.
  - La reorganización anatómica que ocurre en la médula espinal después de la lesión periférica del nervio. Es decir, las fibras C desmielinizadas implicadas en la conducción del dolor, normalmente hacen sinapsis en la lámina 1 y 2 del cuerno dorsal. La lesión periférica del nervio puede conducir a la degeneración de estas fibras C desmielinizadas. Las grandes fibras mielinizadas Aβ, que están normalmente implicadas en el tacto, presión y propiocepción brotan de las conexiones de las láminas 3 y 4, dónde normalmente sinapsan, en la lámina 1 y 2, que estaban previamente ocupadas por las fibras C. Este brote dentro de las láminas superficiales puede contribuir al desarrollo del dolor del miembro fantasma, de este modo el estímulo que previamente no era doloroso puede experimentarse como doloroso[12].

- La sensibilización central de las células dorsales del cuerno que sucede en respuesta al aumento del aluvión de estímulos dolorosos sobre el lugar de la amputación. Este estado de hiperexcitabilidad lleva al desarrollo de hiperalgesia, experimentando el paciente una exagerada respuesta a los estímulos nocivos. Los amino ácidos excitadores como el ácido glutámico y el ácido aspártico pueden estar implicados en este proceso de sensibilización, actuando a través de los receptores N-metil D-aspartato (NMDA). Pueden estar implicados otros receptores y neurotransmisores como la sustancia P y el péptido relacionado con el gen de la calcitonina[12].

**c. Factores supraespinales:**

Los estudios realizados con magnetoencefalografía, en humanos y primates, han demostrado la plasticidad funcional de la corteza somatosensorial primaria tras la amputación de miembros, al producirse la reorganización cortical. En los amputados de miembros superiores, el área de la corteza somatosensorial correspondiente a los miembros desaparecidos parece recibir información sensorial de otras áreas del cuerpo que se sinapsan con las áreas adyacentes de la corteza somatosensorial. El homúnculo de Penfield muestra que el área de la cara bordea el área de la mano. Con frecuencia, los amputados de los miembros superiores, cuando se golpean en el rostro, experimentan una sensación simultánea de tacto en la cara y sobre los dedos amputados. La velocidad con la que se suceden estos cambios tras la amputación sugiere que esta reorganización probablemente es el resultado del desenmascaramiento de sinapsis ocultas en la corteza somatosensorial, en lugar de cambios directamente anatómicos. El dolor del miembro fantasma puede surgir de los errores que ocurren en este proceso de "remapeo" cortical, conduciendo a la sobre amplificación del dolor experimentado. También puede haber errores en las modalidades sensoriales, experimentando el tacto como dolor [12].



*Figura 02: Esquema propuesto por Penfield - Fuente: Tratamiento neuropsicológico de "dolor de miembro fantasma"- Scielo.*

La Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación, 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. [13]

### 3.4. TRATAMIENTOS

En su gran mayoría los pacientes amputados son manejados por traumatólogos, cirujanos, emergenciólogos, entre otros especialistas que no priorizan el manejo del dolor producido por la amputación y el dolor neuropático secundario, que se manifiesta como: dolor de muñón, sensación de miembro fantasma y dolor de miembro fantasma, y sólo un 23% de estos pacientes acuden al especialista para manejo del dolor [14].

Los pacientes con mayor riesgo de desarrollar cualquiera de estos tipos de dolor neuropático, son los que tienen antecedentes de dolor previo, difícil cicatrización de heridas, infección de la extremidad amputada, o factores psicosociales como inadecuada dinámica familiar o soporte social. Estudios de seguimiento han evidenciado la persistencia del dolor de miembro fantasma varios años después de la amputación [14].

El dolor neuropático del paciente amputado, prolonga su periodo de incapacidad física al impedir una adecuada terapia, el empleo de prótesis y su posterior reinserción laboral, así como retomar las actividades de la vida diaria, con gran impacto sobre su calidad de vida. Estas personas cuando son tratadas de manera inadecuada pueden presentar depresión, ansiedad y trastornos del sueño [14].

El tratamiento del dolor de miembro fantasma constituye uno de los retos pendientes de solución por parte del estudio del manejo del dolor, se han ensayado distintos tratamientos que van desde medicamentos como los antiepilépticos: carbamazepina, oxcarbazepina, gabapentina, pregabalina, con resultados diversos; el empleo de analgésico opioides como el tramadol; así como el bloqueo de nervios periféricos. Sin embargo, ninguno de ellos ha obtenido resultados totalmente satisfactorios. En general se acepta que el tratamiento de estos pacientes sea de larga duración, con el empleo de múltiples medicamentos o manejo de diversas especialidades a lo largo de su evolución; con un elevado costo comparado con otras patologías [14].

## 4. *Estados del arte*

- **Las prótesis mioeléctricas:** utilizan la captación de una señal electromiográfica (EMG), señales que produce el músculo en el proceso de relajación y contracción, de superficie en electrodos colocados en el miembro residual para activar los motores eléctricos de los efectores protésicos alimentados por baterías. La señal se amplifica y se transforma en una señal eléctrica para activar los motores. Clásicamente, el par músculos epicondíleos-epitrocleares se aprovecha en las amputaciones transradiales, y el par bíceps-tríceps, en las amputaciones transfemorales. Sin embargo, estas prótesis sólo pueden hacer un movimiento a la vez, por lo que el usuario debe controlar el codo, la muñeca y la mano sucesivamente (sistema de control directo). Otras tienen un uso más fluido gracias a la detección simultánea de varias señales EMG que permiten un movimiento combinado de las diferentes articulaciones (sistema de reconocimiento de patrones). Por último, existen prótesis híbridas compuestas por un codo mecánico y una mano mioeléctrica.[15]



- **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.

El término biofeedback significa retroalimentación biológica; y se define como un procedimiento que permite al paciente aprender a controlar respuestas fisiológicas de forma voluntaria que en condiciones normales no se pueden controlar voluntariamente, o bien que sí se pueden controlar de forma voluntaria. [16]

- **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. [17]

- **El tratamiento de realidad virtual que muestra la pierna faltante mejora el dolor del miembro fantasma: un pequeño ensayo clínico:**

Siete participantes se sometieron a un protocolo de tratamiento de 9 semanas que constaba de 2 fases de tratamiento. En la primera fase (tratamiento con distractor), los participantes fueron expuestos a un entorno de realidad virtual (Cool!) que se ha demostrado que mejora el dolor crónico; sin embargo, eso carece de la retroalimentación visual y auditiva del movimiento de un miembro supuestamente “amputado”. Después de 5 a 7 sesiones de Cool!, los participantes se sometieron a 10 a 12 sesiones de tratamiento de las extremidades inferiores, en las que jugaron una serie de juegos utilizando su extremidad virtual. La extremidad faltante se reconstruye virtualmente creando un avatar con dos piernas intactas y superponiendo visualmente al cuerpo real del participante. Los sensores magnéticos de seguimiento de movimiento colocados encima y debajo de la rodilla en las extremidades intactas y residuales del participante rastrearon la posición real de las extremidades de forma independiente. Estos movimientos se utilizaron para controlar los movimientos de las piernas del avatar en el mundo virtual, proporcionando a los participantes la sensación de control sobre los movimientos de ambas extremidades. [18]

## 5. Bibliografía

- [1] World Health Organization. *A WHO plan for burn prevention and care*. Ginebra, Suiza: World Health Organization; 2008
- [2] Tian H, Wang L, Xie W, Shen C, Guo G, Liu J, et al. *Epidemiologic and clinical characteristics of severe burn patients: results of a retrospective multicenter study in China, 2011–2015*. *Burns Trauma* [Internet]. 2018.
- [3] Solís F F, Domic C C, Saavedra O R, González M A. *Incidencia y prevalencia de las lesiones por quemaduras en menores de 20 años*. *Rev Chil Pediatr* [Internet]. 85(6):674–81.
- [4] *Burns in Peru: A neglected global health crisis* [Internet]. *Yale Global Health Review*. 2015
- [5] Ferrara MM, Masellis M, Conte F. *The philosophy of a burns prevention campaign*. En: *The Management of Mass Burn Casualties and Fire Disasters*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2007. p. 314–6.
- [6] 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.
- [7] La Torre Tang W. *Quemaduras Eléctricas: Estudio Clínico-Epidemiológico en el Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen, 1997-2001*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2003.
- [8] García Álvarez G, Wiegering Cecchi G. *Análisis de los factores predictores de amputación de extremidades en pacientes con quemaduras eléctricas de alto voltaje*. *Horiz méd* [Internet]. 2015 [cited 2023 Sep 14];15(3):13–9.
- [9] Gonzalez Castro LF, Médico Cirujano Plástico Reconstructivo y Estético, Hospital Universitario de Santander, Bucaramanga, Colombia., Ávila Vargas SV, Quezada Rueda JT, Vivas García SM, Enfermera Jefe, Especialista en Atención de Enfermería del Paciente en Cuidado Crítico. Unidad de cuidados intensivos, Foscál internacional, Floridablanca Santander, Colombia., et al. *Fisiopatología de las quemaduras eléctricas: artículo de revisión*. *Revista Argentina de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora* [Internet]. 2018;24(2):0051–6.
- [10] Mas Esquerdo J, Maruenda Fernández R, Robles Sánchez JI. *Tratamiento neuropsicológico de “dolor de miembro fantasma”: a propósito de un caso*. *Sanid Mil* [Internet]. 2013 [citado el 14 de septiembre de 2023];69(3):195–202.
- [11] Fernández LAV. *Biorretroalimentación EMG para el dolor de miembro fantasma constrictivo. Un informe de tres casos*. *Clin Salud* [Internet]. 2015;26(2):97–102.

[12] Kuffler DP. Técnicas en evolución para reducir el dolor del miembro fantasma. *Biología y Medicina Experimentales* . 2023;248(7):561-572.

[13] de Armas Mestre J, Pérez RS, Mesa NH. Dolor de miembro fantasma es una complicación frecuente en el paciente amputado. *Rev Cuba Anestesiol Reanim* [Internet]. 2023

[14] Lira D, Custodio N, Montesinos R, Bendezú L. Tratamiento del dolor neuropático en pacientes con amputación de extremidades [Internet].

[15] Mathieu L, Borrini L, Murison J-C. Amputaciones y desarticulaciones de los miembros: miembro superior. *EMC - Téc Quir - Ortop Traumatol* [Internet]. 2021;13(4):1–18.

[16] Fernández LAV. Biorretroalimentación EMG para el dolor de miembro fantasma constrictivo. Un informe de tres casos. *Clin Salud* [Internet]. 2015;26(2):97–102.

[17] J.E. Arango, J.C. Mazo, A.P. Palacio (23/04/2013) Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando Interfaz Cerebro Computador y Realidad Aumentada[Online]

[18] Ambron E, Buxbaum LJ, Miller A, Stoll H, Kuchenbecker KJ, Coslett HB. El tratamiento de realidad virtual que muestra la pierna faltante mejora el dolor del miembro fantasma: un pequeño ensayo clínico. *Neurorrehabilitación y Reparación Neural*. [Online].