



ENTREGABLE 5

Integrantes:

Carla Ulloa Florián

Nahir Valladares Santur

Luciana Vega Llanos

Carla Victoria Quispe

Stela Villagomez Altamirano

Almendra Yataco Diaz

Profesor:

Juan Manuel Zuñiga

Curso:

Fundamentos de Biodiseño



IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

La paciente es una mujer de 55 años con antecedentes de hipertensión arterial mal controlada y un accidente cerebrovascular (ACV) hemorrágico con hemiplejía derecha ocurrido en febrero de 2025. Debido a esto, se observa que sufre de una espasticidad moderada en el hemicuerpo derecho, mano derecha en flexión permanente con pobre apertura voluntaria. Además, requiere de un bastón de cuatro apoyos para poder desplazarse.

Teniendo en cuenta su diagnóstico, una de las necesidades principales que se puede identificar es favorecer la funcionalidad y movilidad de la mano derecha, que era su mano dominante. Actualmente la mano derecha permanece en flexión permanente y presenta pobre apertura voluntaria, lo que le impide realizar sus actividades diarias como alimentarse, asearse o vestirse por sí sola. Esto provoca una pérdida de autonomía en las actividades de su vida diaria y mayor dependencia de la familia.

El ACV es la segunda causa principal de muerte y la tercera causa principal en generar una discapacidad y muerte [1]. Además, los pacientes pueden ver afectada la funcionalidad de su extremidad superior desde el 55% hasta un 75% entre los 3 y 6 meses después de sufrir un ACV. Por esta razón, es importante la rehabilitación de los miembros afectados o, como en el caso del paciente, realizar el entrenamiento de su mano no afecta como dominante [2]. En un estudio se demostró que los factores asociados a una peor calidad de vida y capacidad funcional al mes de haber sufrido un ACV son: vivir en una vivienda diferente, una peor capacidad cognitiva y una peor capacidad funcional del miembro superior afectado. Asimismo, se afirmó la relación directa de la funcionalidad con la afectación neurológica derivada de la lesión y la disminución de la calidad de vida en la mayoría de casos de ACV [1].

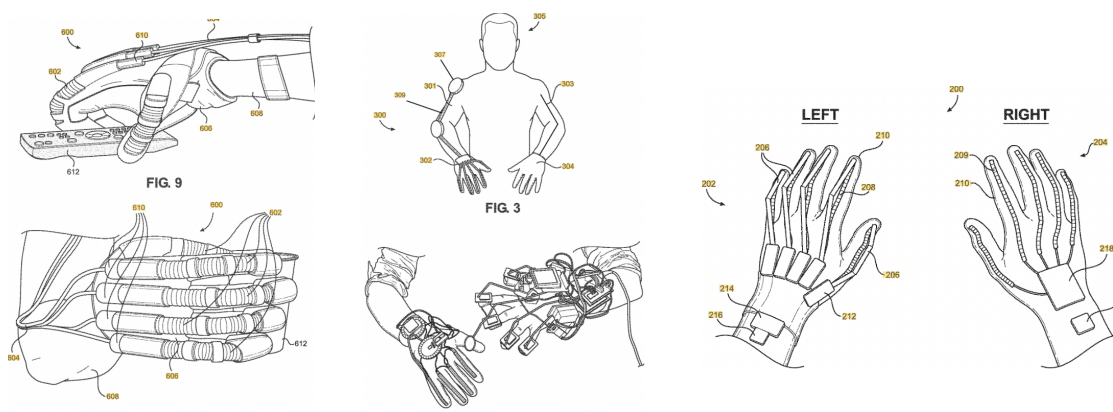
Teniendo en cuenta que el reentrenamiento de su mano derecha es un proceso a largo plazo y de recuperación parcial que no se encuentra cubierta esta rehabilitación por parte de su seguro social, nos centraremos en cumplir ciertos objetivos específicos que contribuirán a la recuperación de su autonomía, independencia y calidad de vida.

Se buscará reducir la espasticidad, mejorar su capacidad de precisión básica (sostener y soltar objetos) y favorecer su independencia en al menos 3 actividades diarias (comer, asearse o escribir). Estas intervenciones reducirían la carga de cuidado familiar y favorecen una reintegración social más activa.

BÚSQUEDA DE PATENTES

1. Patente 1 [3]

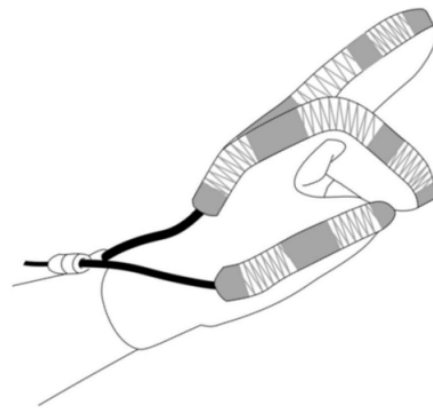
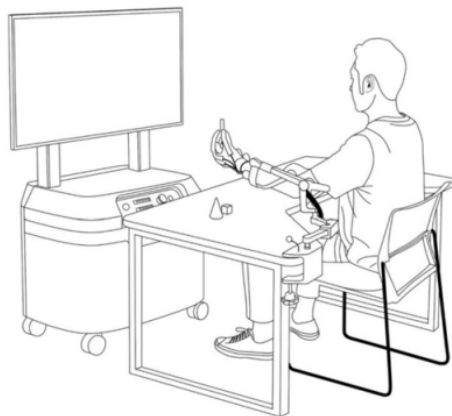
- **Número de patente / Publicación:** US11141341B2
- **Título:** System and method for stroke rehabilitation using position feedback based exoskeleton control introduction
- **Inventores:** Eleni KOLTZI, Dimitrios Tzovaras, Ioannis KOSTAVELIS, Paschalis SIDERIDIS, Konstantinos PILIOUNIS.
- **Año de publicación:** 2019
- **Entidad solicitante:** individual
- **Resumen funcional:** Es un sistema de rehabilitación de manos basado en un guante doble (un guante control colocado en la mano sana que captura ángulos y movimientos de los dedos, esos datos se transmiten a un exoskeleton-glove que está ubicado en la mano afectada, que aportará la fuerza suplementaria necesaria para que la mano dañada reduzca los movi de la mano sana.
- **Aspectos innovadores:**
 - Usa un sistema dual (control + exoskeleton), va más allá de la terapia espejo visual: reproduce posición y brinda asistencia solo cuando la mano afectada no alcanza la posición deseada.
 - Algoritmo que compara la posición que se desea vs la actual por dedo y aplica esfuerzo progresivo.
 - Modularidad de actuadores y la posibilidad de registro de datos para el seguimiento clínico.
- **Limitaciones o vacíos:**
 - Está diseñado para restaurar movimiento en la mano afectada, dejando a un lado la mano sana.
 - La dificultad de uso en pacientes con espasticidad severa o contractura fija.
 - Elevado costo y complejidad técnica frente a dispositivos pasivos.
- **Relación con la necesidad:** La patente responde a la necesidad de la paciente al favorecer la movilización asistida de la mano derecha (afectada) por el ACV, ayudando a reducir espasticidad, recuperar apertura y cierre, y mejorar la autonomía para actividades cotidianas.



2. Patente 2 [4]

- **Número de patente / Publicación:** CN112089427A

- **Título:** Finger joint rehabilitation training evaluation method and system
- **Inventores:** 杨瑞嘉, 史志怀, 袁路林, 陈彬, 苗盛巍
- **Año de publicación:** 2020
- **Entidad solicitante:** Nanjing Medical Technology Co Ltd Nanjing Ruishide Medical Technology Co Ltd
- **Resumen funcional:** Este método se basa en guantes suaves con estructuras neumáticas en las articulaciones de los dedos para realizar un seguimiento de alta precisión de los movimientos de la mano. Se diseñan diferentes métodos de rehabilitación para mejorar la movilidad en pacientes con hemiplejía, combinando entrenamientos activos y pasivos, además de evaluar la fuerza muscular y la función de la mano.
- **Aspectos innovadores:** El enfoque innovador incluye el uso de guantes suaves con control neumático para rehabilitar las articulaciones de los dedos, acompañado de un sistema de captura de movimiento óptico basado en visión binocular para medir el rango de movimiento de las articulaciones y la muñeca. También se incorporan sensores de fuerza de agarre y pellizco para evaluar la función muscular.
- **Limitaciones o vacíos:** La rehabilitación robótica y los dispositivos de asistencia, como los guantes neumáticos descritos, suelen ser costosos y no están disponibles en la mayoría de los sistemas de salud pública, especialmente en países de ingresos bajos y medianos. Esto limita su implementación en comunidades con recursos limitados.
- **Relación con la necesidad:** Este método responde a la necesidad de mejorar la rehabilitación de la mano en pacientes hemipléjicos, ofreciendo un entrenamiento personalizado y medido con base en datos precisos, lo que puede mejorar la calidad de vida de estos pacientes al recuperar funciones motoras.



3. Patente 3 [5]

- **Número de patente / Publicación:** US 11,696,704 B1/Jul. 11, 2023
- **Título:** System, device and method for tracking the human hand for upper extremity therapy
- **Inventores:** Richard J. Adams, Connor W. Adams, William T. Gresick, Matthew D. Lichter, Aaron B. Olowin
- **Año de publicación:** 2023
- **Entidad solicitante:** Barron Associates, Inc.
- **Resumen funcional:** Es un dispositivo portátil que se monta en la mano mediante clips/soportes ligeros con sensores integrados. Estos registran en tiempo real los movimientos o intentos de movimiento de los dedos y la mano, procesándolos en datos clínicamente útiles.

El dispositivo se conecta a un software interactivo que guía ejercicios personalizados, brinda retroalimentación inmediata y almacena el progreso del paciente.

● **Aspectos innovadores:**

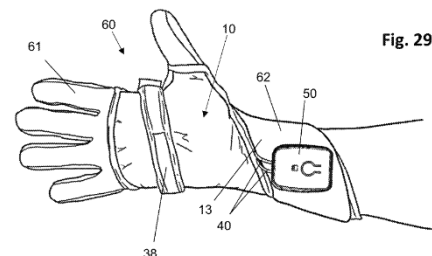
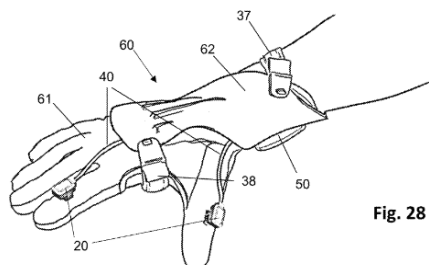
- Uso de módulos portátiles y ligeros que se acoplan a la mano sin necesidad de un guante completo
- Sensores capaces de registrar movimientos e intentos de movimiento en tiempo real
- Circuito de interpretación que traduce señales en información útil para la terapia
- Conexión con software interactivo que guía ejercicios personalizados
- Retroalimentación inmediata y registro del progreso clínico del paciente

● **Limitaciones o vacíos:**

- Solo registra y monitoriza movimientos, no asiste físicamente la apertura o cierre de la mano
- Requiere que exista un grado de movilidad mínimo
- Precisión depende de una buena colocación de los sensores

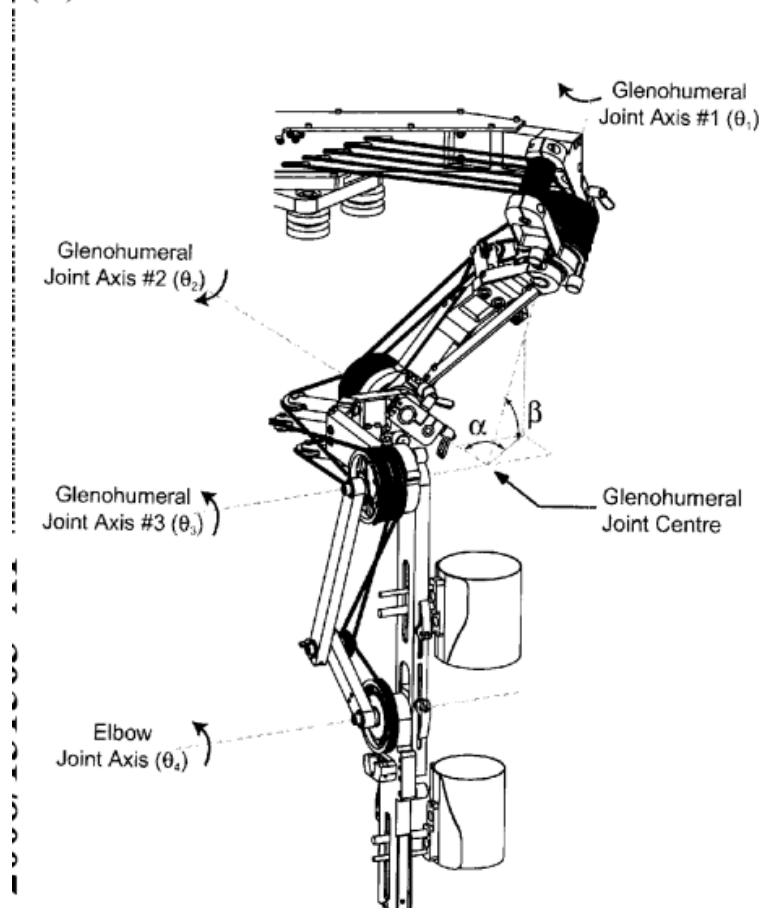
● **Relación con la necesidad:**

La paciente requiere rehabilitar su mano dañada tras el ACV, la cual mantiene espasticidad y limitada apertura voluntaria. La patente responde a esta necesidad al registrar incluso pequeños intentos de movimiento en la mano y transformarlos en datos útiles para realizar ejercicios terapéuticos interactivos. De esta forma, promueve la repetición y la retroalimentación inmediata, elemento clave para la recuperación motora. Sin embargo, no promueve asistencia mecánica activa, su efectividad depende de que la paciente conserve cierto grado de movilidad voluntaria.



- **Número de patente / Publicación:** WO2008131563A1
- **Título:** Robotic exoskeleton for limb movement
- **Inventores:** Stephen. H. Scott, Ian E. Brown, Stephen J. Ball
- **Año de publicación:** 2008
- **Entidad solicitante:** Universidad Queen's de Kingston
- **Resumen funcional:** Es una invención que comprende un exoesqueleto robótico que utiliza enlaces mecánicos con articulaciones seleccionadas en la extremidad de un paciente.
- **Aspectos innovadores:** La recopilación de datos respecto al ángulo de la posición en el que es puesto, aceleración o torque, es bastante útil para el estudio del progreso del paciente con esa información, además puede ayudar tanto con el diagnóstico como tratamiento a largo plazo de una deficiencia sensorial-motora en una extremidad
- **Limitaciones o vacíos:** Los ejes que proponen como innovadores "Ejes virtuales" entre las articulaciones y la parte mecánica del exoesqueleto aún corren riesgo de desalinearse.
- **Relación con la necesidad:** Al ser un exoesqueleto enfocado en una extremidad (en este caso brazo) sería de gran ayuda para de alguna manera incentivar el movimiento y/o rehabilitación de la extremidad en cuestión, además, se recolectarán datos cruciales para evaluaciones de la paciente y de esta manera asegurarse de tener en cuenta el estado de movilidad para realizar un plan integral de terapia.

(54) Title: ROBOTIC EXOSKELETON FOR LIMB MOVEMENT



5. Patente 5 [7]

- **Número de patente / Publicación:** US11246786B2 / Feb.15,2022

● **Título:** POWER ASSISTIVE DEVICE FOR HAND REHABILITATION AND A METHOD OF USING THE SAME

● **Inventores:** Kam Fai Michael Tsui; Haris Begovic; Pui Yung Tsui; Wai Chiu Or y Pak Hin Leung

● **Año de publicación:** 15 de febrero de 2022

● **Entidad solicitante:** Rehab - Robotics Company

● **Resumen funcional:**

Es un sistema asistido para la rehabilitación de la mano que combina una férula equipada con actuadores y sensores y una base que soporta el antebrazo. Además, utiliza señales electromiográficas y sensores de fuerza en los dedos para detectar la intención y el esfuerzo del paciente, lo que permite generar movimientos coordinados de flexión-extensión de los dedos y supinación-pronación del antebrazo. De esta manera, se busca facilitar la medición del progreso y el apoyo en pacientes con limitaciones motoras tras un ACV.

● **Aspectos innovadores:**

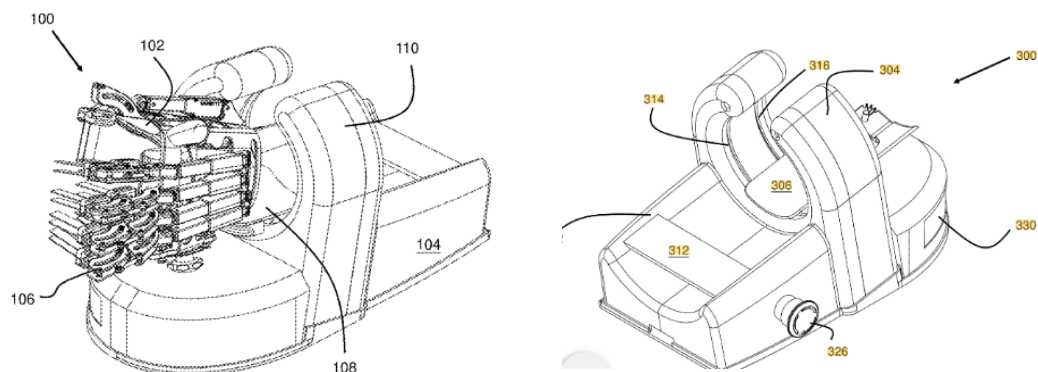
1. Entrenamiento combinado en múltiples grados de libertad, incorpora movimientos de los dedos y el antebrazo.
2. Uso de EMG + force sensors para detectar intención de movimiento y medir fuerza, y sincronizar el dispositivo con estos datos.
3. Diseño ajustable/modular, la férula tiene componentes ajustables para diferentes tamaños de palma, los actuadores están alineados para reducir estrés en la muñeca, la plataforma rotatoria tiene rangos definidos.
4. Capacidad de control mediante dispositivo portátil (smartphone, tablet, etc.) para almacenar historial y visualizar resultados.

● **Limitaciones o vacíos:**

1. Al tener múltiples sensores, fabricación, mantenimiento y calibración pueden resultar costosos. No está descrito con detalle el costo ni análisis de viabilidad en entornos con pocos recursos.
2. La patente describe la invención y ejemplos de operación, pero no reporta validación clínica, ni evidencias de uso real, ni ensayos clínicos con pacientes con ACV.
3. No queda completamente claro cuán eficaz es este dispositivo si el paciente tiene daño severo o muy poca capacidad motora residual. La patente describe detención de fuerza y sincronización, pero no detalla adaptaciones específicas para esos casos.

● **Relación con la necesidad:**

Esta patente se relaciona bastante con la necesidad del paciente con ACV, pues muchas veces se pierde la capacidad de flexión/extensión de los dedos. Un dispositivo que entrene ambos movimientos de forma combinada puede ayudar a recuperar la funcionalidad.



REFLEXIÓN

Las tecnologías analizadas muestran avances significativos en la rehabilitación de pacientes post-ACV, sin embargo, presentan limitaciones que dificultan su aplicación en todos los contextos. Un aspecto que debe considerarse en un nuevo prototipo es la accesibilidad, tanto en términos de costo como de facilidad de uso, con un diseño portátil y adaptable que permita su implementación en el hogar sin necesidad de equipos de gran tamaño o de personal altamente especializado. También resulta importante que el prototipo incluya retroalimentación inmediata y la posibilidad de registrar el progreso del paciente, favoreciendo un seguimiento continuo y personalizado de la rehabilitación. La necesidad de favorecer la funcionalidad de la mano derecha en pacientes con ACV no sólo revela un desafío clínico, sino también una oportunidad de innovación tecnológica.

La escasez de dispositivos adaptados en los sistemas de salud públicos y la dependencia de la importación de tecnologías costosas resaltan la importancia de diseñar soluciones locales, accesibles y de bajo costo, que respondan a las realidades sociales y económicas de los pacientes y sus familias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G.-Santos, J., P. Rodríguez-Fernández, R. Pardo-Hernández, J. J. González-Bernal, J. Fernández-Solana, y M. Santamaría-Peláez, “A Cross-Sectional Study: Determining Factors of Functional Independence and Quality of Life of Patients One Month after Having Suffered a Stroke,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 20, no. 2, art. 995, 2023, doi: 10.3390/ijerph20020995
- [2] Wodu C. O.; Sweeney G.; Slachetka M.; Kerr A., “Stroke Survivors’ Interaction With Hand Rehabilitation Devices: Observational Study,” *JMIR Biomedical Engineering*, vol. 9, art. e54159, 26-Jun-2024, doi: 10.2196/54159.
- [3] E. Koltzi, D. Tzovaras, I. Kostavelis, P. Sideridis y K. Piliounis, “System and method for stroke rehabilitation using position feedback based exoskeleton control,” US 11,141,341 B2, publicada 12 de octubre de 2021.
- [4] Y. Rui Jia, S. Zhi Huai, Y. Lu Lin, C. Bin, M. Sheng Wei, "Finger joint rehabilitation training evaluation method and system," CN112089427A, 2020. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/CN112089427A/en>
- [5] R. J. Adams, C. M. Westbrook, y C. W. Olinger, “System, device and method for tracking the human hand,” U.S. Patent 11,696,704 B1, Jul. 11, 2023.
- [6] Stephen H, et al. “*Robotic exoskeleton for limb movement*” Patente WO2008131563A1, 30 oct. 2008.
- [7] K. F. M. Tsui, H. Begovic, P. Y. Tsui, W. C. Or, and P. H. Leung, “Power assistive device for hand rehabilitation and a method of using the same,” U.S. Patent 11,246,786 B2, Feb. 15, 2022.