



**UNIVERSIDAD
MODELO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA
INGENIERÍA BIOMÉDICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ÓRTESIS EN PACIENTE CON
ACCIDENTE CEREBROVASCULAR ISQUÉMICO.**

JUAN CARLOS RAMÍREZ AGUILAR

22 DE NOVIEMBRE DE 2024

Índice de contenido

Resumen

En el presente proyecto se pretende realizar una órtesis de miembro superior derecho para una paciente con accidente cerebrovascular de tipo isquémico para apoyo en su rehabilitación y sus actividades de la vida diaria.

Por medio de la interacción con la paciente y comunicación directa con la fisioterapeuta encargada de su rehabilitación se determinó las principales funciones a cubrir con el dispositivo: prensión gruesa de la mano derecha y estabilidad articular del codo.

A petición de la paciente se buscó idear un mecanismo que también pudiera contribuir a la extensión de los dedos y la estabilidad articular de la muñeca, sin perder de vista los objetivos principales previamente mencionados (prensión gruesa de la mano y estabilidad articular del codo).

Durante la elaboración de la ortesis se tomó en consideración los aspectos fisiológicos de la paciente, así como realizar de manera controlada los movimientos donde en cierto punto de flexión se presenta dolor, como puede ser el caso de los dedos o la muñeca.

Capítulo 1. Introducción

Durante el capítulo uno se presentarán los aspectos generales del proyecto para dar una introducción de este; los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación, el método y el esquema general consolidan este apartado.

Este capítulo tiene como objetivo establecer el marco inicial para brindar el contexto, la relevancia y los objetivos del trabajo; de esta manera se podrá comprender la importancia y dirección que seguirá el proyecto.

Antecedentes

Se puede mencionar de manera internacional el trabajo realizado por Byron Fernando Guerrero, Natalí López Parra y Erika Johana Narváez: “Beneficios del uso de órtesis en rehabilitación de mano de personas que han sufrido accidente cerebro vascular, revisión sistemática de la literatura”, en Santiago de Chile (2014).

Este estudio destaca la importancia del uso de órtesis en el miembro superior afectado por ACV. Estos dispositivos externos, al modificar las características estructurales y funcionales del miembro, pueden contribuir a prevenir complicaciones como contracturas, edema y dolor, facilitar la rehabilitación proporcionando soporte y estabilidad, mejorar la función aumentando la amplitud de movimiento y la fuerza muscular y promover la independencia permitiendo realizar actividades de la vida diaria.

Sin embargo, la evidencia científica sobre los beneficios específicos de las ortesis en la rehabilitación del ACV aún es limitada. Si bien existen estudios que sugieren mejoras en diversos aspectos, se requieren investigaciones más rigurosas para establecer conclusiones definitivas.

A través del trabajo de Diana Marcela Bermúdez Vázquez y Nazly Marcela Gaona Penagos: “Revisión sistemática de la eficacia de las órtesis de miembro superior en el tratamiento de la hemiparesia espástica de mano”, se establece que la hemiparesia espástica, una secuela común de eventos neurológicos como el accidente cerebrovascular

(ACV) y el trauma craneoencefálico, limita significativamente la funcionalidad del miembro superior afectado. La terapia ocupacional, como disciplina de rehabilitación, ha incorporado el uso de órtesis como una herramienta para mejorar la función y la independencia de estos pacientes.

A pesar de la amplia utilización de órtesis en el tratamiento de la hemiparesia espástica de mano, existe una gran variedad de diseños y características de estos dispositivos. Desde férulas antiespásticas hasta palmetas y palmares, cada una con sus particularidades en cuanto a posicionamiento, materiales y tiempo de uso.

Para abordar esta brecha en el conocimiento, Bermúdez y Gaona realizaron una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de determinar las características de una órtesis de mano más efectiva en el tratamiento de la hemiparesia espástica. Los autores analizaron ocho estudios clínicos aleatorizados publicados entre 2003 y 2013.

Los resultados de esta revisión sugieren que, aunque el uso de órtesis puede proporcionar beneficios en términos de comodidad y reducción del dolor, no existe evidencia concluyente sobre la relación entre las características específicas de las órtesis y su eficacia en la mejora de la función motora.

Planteamiento del problema

En la actualidad, el accidente cerebrovascular (ACV) representa una de las causas más frecuentes de mortalidad y morbilidad a nivel mundial.

La Organización Mundial de la Salud (1970) citado por Ruiz, Pérez y Ángel (2016) define ACV como: “desarrollo rápido de signos clínicos de alteración focal o global de la función cerebral, con síntomas de duración igual o mayor a 24 horas o que desencadena la muerte, sin otra causa aparente adicional a la de origen vascular” (p.137).

Los accidentes cerebrovasculares ocurren cuando se bloquea el flujo de sangre al cerebro o se produce un sangrado imprevisto en el mismo. La isquemia cerebral proviene de la oclusión de un vaso, el cual puede tener manifestaciones transitorias o permanentes, lo que implica un daño neuronal irreversible.

De acuerdo con el Instituto Nacional del Corazón, los Pulmones y la Sangre (NHLNI, 2023) casi el 90% de los accidentes cerebrovasculares (ACV) son accidentes isquémicos y el resto se deben a sangrado interno en el cerebro (accidentes hemorrágicos). Los accidentes cerebrovasculares pueden causar daño cerebral permanente, discapacidad a largo plazo e incluso la muerte; producen distintos síntomas como debilidad leve hasta parálisis o pérdida de la sensibilidad de un lado de la cara o el cuerpo, sensación repentina de debilidad, problemas de vista y dificultad para hablar o entender lo que se le dice.

El ACV tiene secuelas como la pérdida de la función motora, trastornos del lenguaje, en la función cognitiva y procesos mentales superiores.

Guerrero, López y Narvaéz (2014) señalan que:

El accidente cerebrovascular (ACV) es causa de hemiplejía o hemiparesia entre el 75% y el 90% de los pacientes que lo sufren, siendo el dolor, las contracturas, la deformidad, alteraciones en la amplitud articular y disminución en la fuerza las principales características neuromotoras de la patología. (p. 10)

Al presentarse el incidente es primordial iniciar un tratamiento rehabilitador integral que favorezcan el óptimo desempeño del paciente para que pueda realizar las actividades de su vida diaria de manera eficiente; una parte importante en el plan terapéutico integral es el uso de órtesis y otras ayudas técnicas, con las cuales se busca prevenir la aparición de complicaciones en la fase aguda.

En relación Guerrero, López y Narvaéz (2014) afirman que:

Los pacientes con alteraciones en miembros superiores presentan dificultades en el desempeño de las actividades de su vida diaria que limitan su participación e independencia y disminuyen su calidad de vida. El objetivo del terapeuta ocupacional está enfocado a favorecer la participación y autonomía de estas personas en las actividades propias de su edad, roles, intereses y necesidades. (p. 9)

Se logra empleando diferentes estrategias, dentro de las cuales se encuentra el uso de órtesis para miembro superior que son utilizadas en el proceso de rehabilitación, según definición de la Organización Internacional de Normalización (ISO) citada por Guerrero, López y Narvaéz (2014) como: “un apoyo o dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético y se clasifican en base a su función en: estabilizadoras, funcionales, correctoras y protectoras” (p. 9).

Se pudo observar a una paciente que presenta secuelas de ACV, hemiparesia del hemicuerpo derecho y limitaciones para realizar movimientos activos en la extremidad superior derecha. Durante las sesiones de rehabilitación se dificulta la alineación de los segmentos corporales, tales como la muñeca en relación con el codo, imposibilidad para mantener la contracción de los dedos para realizar prensión gruesa; realizar ejercicios de fortalecimiento para la extremidad superior y el tronco, así como hacer actividades para fortalecimiento de extremidades inferiores en bipedestación, fomentar el equilibrio unipodal y estimular la marcha con apoyo.

Con respecto a las actividades de su vida diaria necesita ayuda para el aseo personal como el lavado de dientes, ya que no puede sostener la pasta con una mano y con la otra el cepillo de dientes; al alimentarse utiliza solamente la mano izquierda; no logra la extensión de codo y prensión gruesa para poder sostenerse de algún apoyo para mantenerse de pie con seguridad, ni desplazarse con algún dispositivo como andador, bastón o muletas, mucho menos subir escaleras o trasladarse de una superficie a otra.

Por lo que se pretende desarrollar una órtesis del miembro superior derecho que le permita tener estabilidad articular, aumento de tono muscular, la presión gruesa de la mano para el uso de dispositivos de apoyo durante la marcha y autonomía en rehabilitación y al realizar actividades de su vida diaria.

De acuerdo con lo anterior, se plantearon las siguientes interrogantes: ¿el uso de órtesis previene deformidades articulares?, ¿existe relación entre el uso de ortesis en rehabilitación y la estabilidad articular en pacientes con accidente cerebrovascular?, ¿las órtesis son eficaces en la presión gruesa de la mano para el uso de dispositivos de apoyo durante la marcha?, ¿utilizar órtesis favorece la autonomía del paciente en sus actividades de la vida diaria?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar una órtesis del miembro superior derecho en paciente con accidente cerebrovascular de tipo isquémico para su rehabilitación y actividades de la vida diaria en un periodo de ocho meses.

Objetivos específicos

Revisar el estado del arte de las órtesis existentes en el mercado empleadas en pacientes con secuelas de un ACV.

Investigar los grados de libertad del miembro superior derecho de acuerdo con su biomecánica.

Definir los materiales adecuados para el diseño de una órtesis de miembro superior derecho.

Diseñar una órtesis de miembro superior derecho que pueda proporcionar estabilidad articular y prensión gruesa de la mano durante su rehabilitación y actividades de la vida diaria.

Emplear la órtesis de miembro superior derecho en paciente con accidente cerebrovascular isquémico.

Evaluar la eficacia de la órtesis de miembro superior derecho.

Realizar las correcciones y modificaciones requeridas.

Justificación

El accidente cerebrovascular es la segunda causa de muerte en todo el mundo y la primera causa neurológica de discapacidad.

El accidente cerebrovascular isquémico representa 80% de todos los eventos cerebrovasculares; ocurre por lo general en personas mayores a 65 años y 60% de los individuos afectados son hombres. En México el accidente cerebrovascular isquémico es la forma más frecuente de enfermedad vascular en nuestro país y causa entre 50 y 70% de los casos. (Choreño, Carnalla y Guadarrama, 2019, p. 62)

El ACV, es la causa principal de discapacidad a largo plazo, independientemente de la edad, género, etnia o país.

Después del ACV el 86% de las personas presentan alteraciones de tipo sensoriomotor; de estos el 65% tiene dificultad para participar en actividades de la vida diaria. (Guerrero, López y Narvaéz, 2014, p. 10)

El ACV es indudablemente una de las enfermedades que más marcan la calidad de vida después del suceso. En relación Ascendra, Lara, Medellín y Rojas (2020) mencionan que: afecta la sensación de bienestar de la víctima durante el episodio agudo, el proceso de rehabilitación, recuperación y por las secuelas permanentes generadoras de discapacidad propias del evento. (p. 8)

Una persona con ACV sufre alteraciones en la capacidad mental, lenguaje, comportamiento, déficit del campo visual y motor.

Entre el 75% de los pacientes que sufren un ACV presentan limitaciones en el miembro superior, las cuales interfieren negativamente en las actividades de vida diaria y calidad de vida. (García, 2018, p. 5)

Al respecto los hospitales Nisa (2013) citados por Guerrero, López y Narvaéz (2014) mencionan que:

La función del miembro superior y en concreto de la mano es versátil y compleja, y seguir una rehabilitación adecuada resulta fundamental para maximizar las posibilidades de recuperación, esta se orienta a la recuperación de la funcionalidad del miembro afectado con el fin de favorecer la independencia y participación en actividades propias de su rol. (p. 10)

El uso de ortesis en miembro superior es empleado por los fisioterapeutas para lograr objetivos del proceso de rehabilitación para favorecer la conservación de la funcionalidad y prevenir el deterioro de los miembros superiores e inferiores.

Guerrero, López y Narvaéz (2014) señalan que:

Las ortesis son utilizadas constantemente con sesiones de terapia y suministro de tratamientos médicos, en las fases iniciales del evento con el fin de maximizar la funcionalidad y prevenir el deterioro del miembro superior afectado. (p. 10)

La terapia asistida por robot es una intervención relativamente nueva, cada vez más empleada en el tratamiento rehabilitador de paciente con ACV.

Hernández y Sánchez (2022) indican que:

Permite incrementar el número de repeticiones en la realización de movimientos de tareas específicas. Los estudios coinciden en que la terapia de mano asistida por robot presenta beneficios en todas las fases de rehabilitación del ACV que se traducen en mejoras motoras y funcionales del miembro superior. (p. 1)

En pacientes con secuelas neurológicas el desbalance muscular en miembro superior genera aducción de miembro superior, rotación interna, flexión de codo, pronación de antebrazo, flexión de muñeca y desviación cubital de muñeca.

Ocello y Lovotti (2015) mencionan que:

La ortesis de aire consiste en una manga circunferencial de plástico flexible que va desde tercio superior de brazo hasta muñeca y/o dedos; se utiliza en pacientes con secuelas de ACV con importantes retracciones, utilizando la ortesis durante el día para mantener los rangos articulares y posicionar durante las actividades. (p. 197)

Algunos autores señalan la pertinencia del uso de ortesis en todas las fases de la rehabilitación para mejorar la postura y aumentar la capacidad del miembro superior.

González, Fuente, Gonzalez, Cuesta, Cubo (2017) Señalan como beneficios en el uso de ortesis del miembro superior:

La mejoría del alineamiento articular y la disminución del riesgo de desarrollar contracturas, la mejoría o el mantenimiento del rango de movilidad, la disminución de la espasticidad, el dolor, la mejoría del posicionamiento del paciente para la realización de actividades de la vida diaria. (p. 210)

Los parámetros utilizados para verificar la eficacia de las órtesis son diversos.

García (2018) menciona que:

El rango de movimiento (activo o pasivo), tono muscular y función del miembro superior. El rango de movimiento es comúnmente medido con un goniómetro, el tono muscular con la escala Asworth modificada y la escala Tardieu, y la función del miembro superior con la escala Fugl Meyer de miembro superior, entre otros. Además, los efectos en los componentes de las AVDs han sido estudiados usando la escala canadiense COPM. (p. 9)

En el área de rehabilitación neurológica se presentan controversias en el uso de férulas en miembros superiores.

Al respecto Ocello y Lovotti (2015) señalan que:

No existe una regla general para emplear una ortesis en todos los pacientes con determinada secuela. Cada persona es un individuo único y dependerá de sus habilidades remanentes, el compromiso cognitivo, motor y sensitivo que presente debido a las secuelas que limitan su funcionamiento, para considerar el equipamiento adaptado óptimo para su desempeño. Se emplean ortesis pasivas para ayudar a mantener rangos articulares, como también ortesis que estabilizan articulaciones en el rango óptimo para un desempeño funcional del segmento proximal. (p.191)

Por esta razón el proyecto tiene conveniencia al elaborar una ortesis de miembro superior derecho específicamente para utilizarse en rehabilitación y actividades de vida diaria después de un accidente cerebrovascular al proporcionar estabilidad articular, aumento de tono muscular, prensión gruesa de la mano y autonomía.

Posee relevancia social al brindar rutas de acción para mejorar la concepción del uso de órtesis del miembro superior en rehabilitación. Adquiere trascendencia al favorecer la autonomía en las actividades de vida diaria y la calidad de vida. Tiene valor teórico al proporcionar información actualizada sobre el uso de órtesis del miembro superior derecho en rehabilitación y actividades de la vida diaria, comparando su eficacia con lo establecido en el Marco Teórico.

La presente investigación es viable ya que una licenciada en fisioterapia y rehabilitación facilitó el diagnóstico y socialización con la paciente para realizar el proyecto.

Método

Idea del proyecto

A través de investigación, conversaciones tenidas o experiencias vividas se buscó un proyecto que pueda ayudar a resolver una problemática específica; en este caso se optó por realizar una órtesis de miembro superior para una paciente que presenta secuelas de ACV, hemiparesia del cuerpo derecho y limitaciones para realizar movimientos activos en la extremidad superior derecha.

Documentación

Se realizó la documentación correspondiente a la idea del proyecto, el planteamiento del problema donde se establecen las bases y el desarrollo de la problemática a resolver, el marco teórico en el que se plasman los conceptos que se utilizarán a lo largo de la realización del proyecto, la justificación en la cual se defiende el proyecto y se otorgan las razones de la realización de este.

Validación de expertos

Para que el proyecto fuera aprobado por el docente se entrevistó a dos especialistas con relación a los alcances del proyecto y validarán el mismo.

Se entrevistó a un experto fisioterapeuta Genaro Baruch Ortiz, conferencista nacional e internacional y tutor certificador en México en la formación de terapeutas NDT Bobath pediátrico.

Así mismo se entrevistó a un experto local, Jorge Palma, licenciado en fisioterapia y rehabilitación por la Universidad Marista de Mérida que, hasta la actualidad, trabajó en la práctica clínica y en la evaluación de factores de riesgo ergonómico.

Características

Se especificarán las características físicas del proyecto como por ejemplo peso, tamaño, funcionalidad y materiales que se podrían emplear.

Delimitación y viabilidad

Se presentará el presupuesto, las funciones que podrá y no podrá cumplir el dispositivo, así como las indicaciones de este. La viabilidad se evaluará de forma completa y realista los recursos necesarios y disponibles, así como la probabilidad de éxito.

Diseño del proyecto

Se elaborará un diseño conceptual que permitirá plasmar una idea principal del prototipo; posteriormente, se realizará un diseño a detalle en el cual se tendrá que visualizar el proyecto justo como será físicamente y las acciones que podrá realizar; esto proporcionará una visión más acertada de la órtesis, permitiendo observar los aspectos correctos y los principales a corregir.

Preparativos de producción

Se conseguirán los materiales necesarios para empezar con el desarrollo del primer prototipo, utilizando el presupuesto establecido en las delimitaciones.

Desarrollo de prototipo

Iniciará la elaboración del primer prototipo de la órtesis con el fin de aplicar las pruebas necesarias para garantizar el funcionamiento.

Corrección de errores

Se analizarán los resultados, tanto en la documentación como en el funcionamiento de la órtesis y se rectificarán los errores o detalles a mejorar.

Verificación de funcionamiento

Se implementará y evaluará el prototipo final de la órtesis la cual deberá contar con un funcionamiento del 100% y el mismo índice de pruebas exitosas.

Documentación

Se documentará la ejecución y el funcionamiento de la órtesis, así como los resultados establecidos por los especialistas.

Entrega de proyecto

Se entregará toda la documentación realizada durante el proyecto y el prototipo físico de la órtesis para dar por concluido el proyecto.

Esquema general

Capítulo 2 (nociones teóricas)

Delimita el marco teórico de la investigación, haciendo referencia a estudios y conceptos clave relacionados con los accidentes cerebrovasculares, su rehabilitación y el uso de órtesis. Se estructura en secciones que explican los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto, sustentados en literatura especializada.

Capítulo 3 (desarrollo de la solución)

Detalla el proceso de diseño e implementación de la órtesis. Describe la metodología empleada, desde la interacción inicial con el paciente y las mediciones hasta el desarrollo del prototipo, validación y ajustes realizados en función con los objetivos planteados.

Capítulo 4 (resultados)

Presenta los hallazgos obtenidos tras la implementación y evaluación de la órtesis. Incluye el análisis de su funcionabilidad en la rehabilitación del paciente y su efectividad para mejorar la estabilidad articular y la prensión de la mano durante actividades de la vida diaria.

Capítulo 5 (conclusiones)

Resume los aprendizajes derivados del proyecto, evalúa el cumplimiento de los objetivos y propone recomendaciones para futuros trabajos relacionado con el diseño de órtesis en rehabilitación neurológica.

Capítulo 2. Marco teórico

Accidente

Un accidente es cualquier evento imprevisto que

La Organización Mundial de la salud (OMS, 2005) citado por el Ministerio de Salud y Protección Social (2020) definen accidente como:” son eventos donde se produce daño físico en el cuerpo por la falta de elementos vitales como el oxígeno o el calor. La exposición o privación no es producida deliberadamente por la misma persona u otra.” (p. 3).

El cerebro es el primer afectado cuando al ser humano se encuentra ante una situación donde le falta oxígeno.

Cerebro

El Instituto de Salud para el Bienestar (2021) define al cerebro como: “el órgano principal del sistema nervioso central representa el 2% del peso corporal, esta formado por un 73% de agua, consume un 20% de la energía y oxígeno que consume el organismo; el cerebro controla las actividades cognitivas (pensar, abastecer, leer) y reacciones del organismo (acciones y funciones corporales en respuesta a estímulos sensoriales” (p. 1).

El accidente cerebrovascular es considerado la segunda causa global de muerte en el mundo.

Accidentes Cerebrovasculares

El accidente cerebrovascular es definido por la Organización Mundial de la Salud citado por Guerrero, López y Narváez (2014) como: “un síndrome clínico de desarrollo rápido debido

a una perturbación focal de la función cerebral de origen vascular y de más de 24 horas de duración” (p. 12).

El accidente cerebrovascular se puede presentar como isquemia o hemorragia.

Accidente Cerebrovascular Isquémico

Choreño, Carnalla y Guadarrama (2019) definen accidente cerebrovascular isquémico como afecciones clínicas caracterizadas por un déficit neurológico de inicio súbito secundario a la oclusión total o parcial de una arteria cerebral (p.62).

El accidente cerebrovascular isquémico tiene diferentes tipos de secuelas.

Motoras. Son alteraciones como la hemiplejia, deambulación y equilibrio.

García citado por Ascendra, Lara, Medellín y Rojas (2020) definen hemiplejia como: “la pérdida de movimiento voluntario con alteración del tono muscular; se alteran las reacciones posturales, de enderezamiento, equilibrio y los patrones de movimiento anormales” (p. 31).

Con respecto a la deambulación y el equilibrio Ascendra, Lara, Medellín y Rojas (2020) mencionan que:

Posterior a un accidente cerebrovascular, es normal que los individuos queden con algún tipo de marcha patológica. En el equilibrio se pueden evidenciar cambios hasta años posteriores, siendo la falta del control del tronco en sedestación un signo de mal pronóstico clínico. (p. 33)

La rehabilitación es fundamental para recuperar parcialmente las funciones motoras después de un accidente cerebrovascular.

Rehabilitación

Corredoira y Esmorís definen la rehabilitación como: “la especialidad médica que concierne el diagnóstico, evaluación, prevención y tratamiento de la incapacidad encaminados a facilitar, mantener o devolver el mayor grado de capacidad funcional e independencia posibles” (p. 264).

En la fase subaguda de un ACV se caracteriza por la aparición de la actividad motora perdida en casos favorables.

El trabajo activo del paciente dará la pauta para una mejor recuperación por medio de la cinesiterapia que incluye ejercicios activo-asistidos y potenciación muscular, reeducación del equilibrio en bipedestación, marcha y corrección de deformidades ortopédicas utilizando ortesis. (Arias, 2009, p. 32)

Órtesis

Corredoira y Esmorís (2010) establecen órtesis como:

Dispositivos de aplicación externa, empleados para modificar las características estructurales o funcionales de los sistemas esqueléticos y neuromuscular. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con los dispositivos ortóticos son: estabilizar un segmento corporal o articular, soporte de una zona lesionada, limitar o aumentar la movilidad de una articulación, control de movimientos espásticos o anómalos y descarga de los segmentos distales. (p. 266)

Todas las funciones del miembro superior deben ser respetadas y/o facilitadas por las ortesis utilizadas en un tratamiento de rehabilitación.

Órtesis de Miembro Superior

Ocello y Lovotti establecen que:

Los objetivos fundamentales que conducen a la colocación de las ortesis de miembro superior son: prevenir o corregir deformidades, inmovilizar y proteger el miembro lesionado, asistir una función, conectarse a otros dispositivos de ayuda. En ocasiones, una ortesis combina varias de estas funciones. (p. 87)

Dependiendo del tipo de órtesis, las funciones se aplican a una o varias de las articulaciones existentes en el miembro superior.

Hombro

Pombo (2018) establece hombro como:

La articulación proximal y de mayor movilidad del miembro superior. Los movimientos se desarrollan en tres sentidos, permitiendo la orientación de la extremidad superior en tres planos del espacio.

El complejo articular del hombro está formado por cinco articulaciones que se movilizan sincrónicamente y dependen unas de otras para asegurar la movilidad completa libre y sin dolor: articulación escápulo-humeral, subdeltoidea, escapulo torácica, acromio clavicular y esternocostoclavicular.

El eje longitudinal del humero coincide con el eje vertical, en la posición de abducción de 90° el eje longitudinal coincide con el eje transversal, en la posición de flexión de 90° coincide con el eje anteroposterior. Por lo tanto, el hombro es una articulación con tres ejes principales y tres grados de libertad, pudiendo coincidir el eje longitudinal del humero con uno de los dos o situarse en cualquier posición intermedia para permitir el movimiento de rotación externa/interna

Permite acciones como la flexión (deltoides anterior, coracobraquial), extensión (dorsal ancho, redondo mayor y fibras posteriores del deltoides), abducción (supraespinoso, deltoides medio), aducción (pectoral mayor), rotación externa (infraespinoso, redondo menor), rotación interna (subescapular, redondo mayor, dorsal ancho y pectoral mayor), abducción horizontal (deltoides posterior) y aducción horizontal (pectoral mayor). (p. 35)

Codo

Pombo (2018) establece que:

El codo es la articulación intermedia del miembro superior que enfrenta el extremo distal del humero con los extremos proximales del cubito y el radio. El codo es una articulación en bisagra/pívot con tres articulaciones: humero-radial, humero-cubital y radio cubital proximal. Esta compleja anatomía ósea permite movimientos en dos planos flexo-extensión y pronosupinación. La mayoría de las actividades de la vida diaria son realizadas gracias a un arco funcional de una flexión de codo y prona supinación de antebrazo. (p. 36)

Muñeca

Pombo (2018) define muñeca como:

La articulación distal de la extremidad superior que enfrenta el extremo inferior del cubito y del radio con la cara superior de los huesos del carpo. Posee dos líneas articulares: una primera condílea o radio carpiana entre el radio y la primera hilera de los huesos del carpo (escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme) y medio carpiana (entre la primera y segunda hilera de los huesos del carpo). En la muñeca se realizan los

movimientos de flexión palmar (palmar mayor, cubital anterior), flexión dorsal (primer y segundo radial, cubital posterior), desviación radial (primer radial y palmar mayor) y desviación cubital (cubital anterior, cubital posterior). (p. 36)

De igual manera, la muñeca es la articulación que une el antebrazo con la mano.

Mano

Pombo (2018) establece que:

La mano está dotada de una amplísima variedad funcional y es capaz de llevar a cabo innumerables acciones gracias a su función principal, la prensión. Particularmente la mano posee coordinación motora fina y discriminación sensorial debido a la cantidad de receptores cutáneos, e tiene el control sobre los objetos utilizando sus propiedades intrínsecas. Además, la mano es un órgano receptor sensorial que capta estímulos indispensables para el desarrollo de una correcta acción motora.

Las articulaciones metacarpo falángicas unen los huesos metacarpianos con las primeras falanges de cada dedo y son de tipo condílea. Los movimientos que se llevan a cabo son la flexión (lumbricales) extensión (extensor común de los dedos y extensor propio del segundo y quinto dedo), aducción (interóseos palmares) y oposición (oponente del quinto dedo, oponente del pulgar). Las articulaciones interfalángicas proximales son del tipo troclear y desarrollan movimientos de flexión (flexor común superficial de los dedos) y extensión (extensor común de los dedos, extensor propio del segundo y quinto dedo y lumbricales). En las articulaciones interfalángicas distales tipo tróclea se producen los movimientos de flexión (flexor común profundo de los dedos) y extensión (extensor común de los dedos, extensor propio del segundo y quinto dedo y lumbricales). (p. 37)

En la mano, el pulgar es la clave para habilidades motoras finas y actividades que requieren precisión.

Pulgar

Pombo (2018) define que:

En el pulgar podemos encontrar tres articulaciones diferentes una de tipo de encaje reciproco, (articulación trapecio metacarpiana) con los movimientos de flexión (flexor corto del pulgar, flexor largo del pulgar), extensión (extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar), abducción (abductor corto y abductor largo del pulgar, extensor corto) aducción (aductor del pulgar). Y por último la articulación interfalángica del tipo troclear con los movimientos de flexión (flexor largo del pulgar) y extensión (extensor largo del pulgar). (p 38)

Capítulo 3. Desarrollo

Interacción con el paciente

En primera instancia se visitó a la paciente durante una sesión de rehabilitación como primer acercamiento. La interacción se basó en sentar las bases para generar confianza con la paciente y explicarle detalladamente los alcances y delimitaciones del proyecto; también se le preguntó sobre otros aspectos del diseño y funciones de la órtesis para tomarlos en consideración.



Ilustración 1. Brazo derecho del paciente.

Fuente: ilustración propia.

En la Ilustración 1 se puede observar los aspectos fisiológicos de la paciente, la cual presenta pequeños bultos a lo largo del antebrazo debajo de la articulación de la muñeca; estos se tomarán a consideración para la elaboración del diseño y garantizar el funcionamiento de la órtesis y la seguridad y comodidad de la paciente.

Evaluación del paciente

Durante la sesión de rehabilitación se observó los ejercicios que realiza y las necesidades que debe cumplir la órtesis, de igualo manera se consultó los movimientos que la paciente tiene o no la capacidad de elaborar y en qué punto siente dolor al hacerlos.

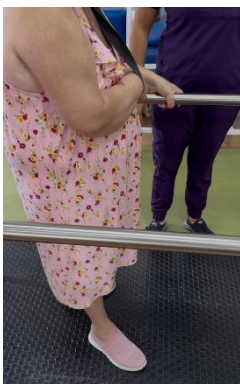


Ilustración 1. Ejercicio de rehabilitación con andadera.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 2. Ejercicio de rehabilitación con dispositivo de apoyo a la marcha.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 3. Ejercicio de rehabilitación con barra.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 4. Límite de la flexión del pulgar hasta sentir dolor.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 5. Límite de la flexión del índice hasta sentir dolor.

Fuente: ilustración propia.

En la ilustración 5 e ilustración 6 se observa los límites de la flexión de los dedos pulgar e índice hasta antes de que la paciente presente dolor, los cuales se consideraron en el diseño del mecanismo de la órtesis

Mediciones

Se realizó las mediciones al brazo derecho de la paciente, desde el largo de las falanges, el antebrazo y la distancia que se ocupará desde la articulación del codo hasta el bíceps. De igual manera se midió la circunferencia de la mano, la muñeca, el antebrazo y el bíceps; así como otras distancias que se podrían ocupar para el diseño y elaboración de la ortesis.



Ilustración 6. Medición de la circunferencia de la mano.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 7. Medición de la distancia de la muñeca al codo.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 8: Medición del largo de la mano.

Fuente: ilustración propia.

Diseño conceptual del mecanismo de la órtesis

A partir de la evaluación y peticiones de la paciente se diseñó la órtesis con tres mecanismos principales. El primero consiste en bloquear la articulación del codo y proporcionar estabilidad, para esto se pensó en dos varas por las cuales se fijará el antebrazo y el bíceps convergiendo en la articulación del codo por medio de un balero que permita el movimiento de la articulación. La vara ubicada sobre el codo contará con una corredera con una pieza resistente que pueda encajar en un disco con espacios del perímetro al radio cada 5 o 10 grados; al mover hacia abajo la corredera sobre el codo, hará inserción con uno de los espacios del disco y bloqueará el movimiento de la articulación del codo.

El segundo mecanismo se centrará en bloquear y mantener recta la muñeca, se adaptará una pieza alrededor del antebrazo que al momento de girarla unirá los extremos de la órtesis del antebrazo y la mano manteniéndolas unidas, similar a una tuerca enroscándose en un tornillo.

El último mecanismo consiste en realizar la flexión de los dedos y fijarlos en la posición deseada, posteriormente posicionar los dedos en su posición natural de la paciente. Se ideó en

un mecanismo de engranes con un bloqueo igual al del codo; al girar el engrane principal, girará cinco engranes secundarios que jalarán un cordel o hilo de propiedades resistentes que tendrán inserción en anillos ubicados en los falanges proximales o mediales de los dedos. Esto permitirá que la propia paciente pueda flexionar los dedos a un punto cómodo para ella o necesario según la acción que realice, de igual forma priorizará la seguridad permitiendo que se ajuste a una posición que no le genere dolor. Por la parte dorsal de la mano se ubicarán unos resortes que se tensarán al momento de flexionar los dedos y conforme se libere el hilo realizará la extensión.

Este mecanismo también permitirá que la paciente pueda realizar la flexión de los dedos y estimular los músculos y tendones en cualquier momento con el fin de ir reduciendo el dolor que este movimiento ocasiona y aumentar el rango de flexión que poseen los dedos.



Ilustración 9. Boceto conceptual, vista dorsal del brazo derecho.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 10: Boceto conceptual, vista palmar del brazo derecho.

Fuente: ilustración propia.



Ilustración 11: Boceto conceptual, vista dorsal de la mano derecha.

Fuente: ilustración propia.

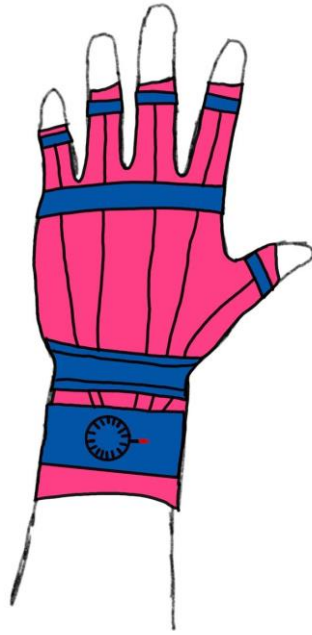


Ilustración 12: Boceto conceptual, vista palmar de la mano derecha.

Fuente: ilustración propia.

Capítulo 4. Resultados preliminares

Hasta el momento, se han llevado a cabo diversas actividades para sentar la base del diseño de la órtesis:

Interacción con la paciente y evaluación inicial

Se identificaron las necesidades específicas de la paciente a través de observaciones durante sus sesiones de rehabilitación. Se documentaron las limitaciones de movimiento en el miembro superior derecho, como la falta de estabilidad articular en el codo y la muñeca, así como la dificultad para realizar movimientos de prensión gruesa.

Mediciones anatómicas y biomecánicas

Se recopilaron datos detallados del brazo derecho de la paciente, incluyendo circunferencias, longitudes y rangos de movimiento, lo que permitió establecer los parámetros iniciales para el diseño del prototipo.

Diseño conceptual del mecanismo de la órtesis

Se elaboró un diseño inicial que contempla tres mecanismos principales:

- Bloqueo y estabilización del codo.
- Fijación de la muñeca
- Flexión asistida de los dedos con posibilidad de ajuste para diferentes niveles de prensión.

Con base a los avances preliminares se espera que la órtesis proporcione estabilidad articular del codo y la muñeca, facilitando la realización de actividades de la vida diaria. Incremento gradual en el rango de movimiento de los dedos mediante ejercicios asistidos y mejorar la autonomía del paciente durante actividades como el aseo personal y el uso de dispositivos de apoyo.

Capítulo 5. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto ha permitido identificar la importancia de adaptar las órtesis a las necesidades específicas de cada paciente. Hasta el momento, se han logrado avances significativos en el diseño y en la identificación de requerimientos técnicos y funcionales de la órtesis.

Sin embargo, también se han enfrentado desafíos, como la elección de materiales adecuados que combinen resistencia y ligereza, así como la necesidad de garantizar la comodidad de dispositivo durante su uso prolongado.

En las siguientes fases del proyecto, se contempla fabricar un prototipo funcional utilizando tecnologías de impresión 3D con materiales ABS o fibra de carbono para las piezas estructurales.

De igual forma se realizarán pruebas con la paciente para validar la funcionalidad del dispositivo y ajustar su diseño según los resultados obtenidos; por último, se va a documentar las observaciones de los especialistas en fisioterapia durante el uso de la órtesis para mejorar su desempeño.

Referencias

Arias, A. (2009). *Rehabilitación del ACV: Evaluación, Pronóstico y Tratamiento*. Galicia: Sociedad de Galega de Medicina Interna. Recuperado el día 29 de agosto del 2024 de <https://galiciaclinica.info/pdf/5/81.pdf>

ARRAYA Equipamiento Médico. (2013). *Hand of hope, para la rehabilitación de la mano*. Recuperado el día 13 de septiembre del 2024 de <https://www.arrayamed.com/productos/58-hand-of-hope.html>

Ascendra, J., Lara, N., Medellín, J., Rojas, A. (2020). *Impacto del accidente cerebrovascular en la calidad de vida de la población adulta*. Barranquilla: Universidad del Norte. Recuperado el día 27 de agosto del 2024 de <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/11285#page=1>

Bermúdez, A. & Gaona, N. (2014). *Revisión Sistemática de la Eficacia de las Órtesis de Miembro Superior en el Tratamiento de la Hemiparesia Espástica de la Mano*. Santiago de Cali: Universidad del Valle. Recuperado el día 7 de noviembre del 2024 de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/5c52721b-ceff-4087-8b93-91b0a454b3af/content>

Corredoira, M. & Esmorís, O. (2010). *Principios básicos de rehabilitación y ortesis*. Recuperado el día 28 de agosto del 2024 de https://unitia.secot.es/web/manual_residente/CAPITULO%2054.pdf

Choreño, J., Carnalla, M. & Guadarrama, P. (2019). *Enfermedad Vascular Cerebral Isquémica: Revisión Extensa de la Bibliografía para el Médico de Primer Contacto*. México: Centro Especializado de Neurocirugía y Neurociencia. Recuperado 26 de

agosto del 2024 de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-

48662019000100061

García, P. (2018). *Control Motor Orientado a Actividades y Utilización de Órtesis Dinámicas en la Rehabilitación del Miembro Superior Tras DCA: Revisión Bibliográfica*. España:

Universidad Miguel Hernández. Recuperado el día 27 de agosto del 2024 de

<https://dspace.umh.es/bitstream/11000/8679/1/TFM%20Junio%202018%20->

[%20Garcia%20Perez%2C%20Patricia.pdf](https://dspace.umh.es/bitstream/11000/8679/1/TFM%20Junio%202018%20-%20Garcia%20Perez%2C%20Patricia.pdf)

González, J., Fuente, R., González, J., Cuesta, J. & Cubo, E. (2017). *Eficacia de la Órtesis Dinámica del Miembro Superior en la Fase Crónica del Ictus. Estudio longitudinal*.

España: Universidad de burgos. Recuperado el día 28 de agosto del 2024 de

<https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/8781/Gonzalez->

[rn_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/8781/Gonzalez-rn_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Guerrero, B., López, N., & Narvaéz, E. (2014). *Beneficios del Uso de Órtesis en la Rehabilitación de Mano de Personas que Han Sufrido Accidente Cerebrovascular: Revisión sistemática de la literatura*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

Recuperado el día 25 de agosto del 2024 de

<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/89997844-912d->

[455d-9491-1bbefdf65aa5/content](http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/89997844-912d-455d-9491-1bbefdf65aa5/content)

Hernández, A. & Sánchez, Á. (2022). *Dispositivos robóticos de mano en neurorrehabilitación: revisión sistemática sobre viabilidad y efectividad en la rehabilitación del ictus*.

España: Universidad Rey Juan Carlos. Recuperado el día 27 de agosto del 2024 de

<https://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-articulo-dispositivos-roboticos->

[mano-neurorrehabilitacion-revision-S0048712022000858](https://www.elsevier.es/es-revista-rehabilitacion-120-articulo-dispositivos-roboticos-mano-neurorrehabilitacion-revision-S0048712022000858)

Instituto Nacional del Seguro social. (2015). *Enfermedad Vascular Cerebral*. México:

Gobierno de México. Recuperado el día 24 de agosto del 2024 de

<https://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/enfermedad-vascular-cerebral>.

Instituto Nacional del Corazón, los Pulmones y la Sangre. (2023). *¿Qué es un accidente*

cerebrovascular?. Estados Unidos: Instituto Nacional de la Salud. Recuperado el día

27 de agosto del 2024 de <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/accidente-cerebrovascular>

Instituto de Salud para el Bienestar. (2021). *21 de julio Día Mundial del Cerebro*. México:

Gobierno de México. Recuperado el día 28 de agosto del 2024 de

<https://www.gob.mx/insabi/articulos/21-de-julio-dia-mundial-del-cerebro>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Orientaciones para medidas de seguridad y*

de prevención de accidentes en el hogar en el marco del estado de emergencia por

SARS-COV-2 (COVID-19). Bogotá: Ministerio de Salud y protección Social.

Recuperado el día 29 de agosto de 2024 de

<https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GIPG19.pdf>

Ocello, M. & Lovotti, V. (2015). *Ortesis y prótesis: herramientas para la rehabilitación*. Santa

Fe: Ediciones Universidad Nacional del Litoral. Recuperado el día 28 de agosto del

2024 de

<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5534/ortesisyprotesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pombo, A. (2018). *Análisis del Proceso de Elaboración de Órtesis de Miembro Superior en*

Jóvenes y Adultos con Hemiplejía. Universidad del Norte Santo Tomas de Anquino.

Recuperado el día 7 de noviembre de 2024 de

<http://repositorio.unsta.edu.ar:8080/server/api/core/bitstreams/0bc0fa88-4b9a-4976-b99f-2383a797d14d/content>.

Ruiz, A., Pérez, G. & Angel, M. (2016). *Ataque Cerebrovascular Isquémico: Fisiopatología desde el sistema biomédico y su equivalente en la medicina tradicional china*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el día 25 de agosto del 2024 de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v65n1/0120-0011-rfmun-65-01-00137.pdf>