



Órtesis mecánico-hidráulica para miembros superiores controlada por voz orientada al aumento de autonomía en actividades básicas diarias y rehabilitación de pacientes con cuadriplejia

Claudia Montufar, Carlos Santamaría, Javier Córdor, Adriana Romero y Sebastián Ríos
Fundamentos de Biodiseño 2019-02, Ingeniería Biomédica PUCP-UPCH



Motivación

Según los datos de NSCISC en EEUU (2018) se estimó una incidencia anual de 54 casos por millón de habitantes con aproximadamente 12.000 nuevos casos cada año. Para el año 2018, la tetraplejia incompleta fue la categoría neurológica más frecuente con un 47.2% de incidencia, mientras que la tetraplejia completa tuvo una incidencia del 11.5%. [1].

La movilidad de los miembros superiores es crucial para la realización de actividades de la vida diaria, esta se ve afectada total o parcialmente en pacientes con cuadriplejia. La espasticidad es uno de los principales problemas que afecta a personas con lesiones vertebro-medulares, con una incidencia de 65% al 78% en esta población [2]. Esta afección es generalmente tratada con ejercicios de estiramiento y el uso de férulas u ortesis que previenen el riesgo de contractura permanente de las articulaciones.

Objetivos

Prevenir el acortamiento músculo tendinoso de extremidades superiores. Además de lograr que el usuario vuelva a realizar actividades cotidianas de manera autónoma, devolviéndole el rango funcional de movimiento de flexión y extensión de codo y muñeca.

Requerimientos de diseño

Diseño ergonómico y cómodo - Los productos deben ser adaptables al usuario y evitar ser molesto, ya sea por el diseño o por la forma de ensamblaje.

Precio accesible - El precio del producto debe tomar en cuenta la realidad de las personas con discapacidad, las cuales en su mayoría no perciben un ingreso alto.

No invasivo - Evitar que el cuerpo sea penetrado con intervenciones quirúrgicas.

Evitar acortamiento muscular - Evitar la hipertonia de los músculos, es decir evitar la resistencia de al movimiento por parte de los músculos.

Interfaz intuitiva - El producto debe ser fácil de usar, de manera que no sea necesario un especialista para su uso e instalación.

Versátil y multifuncional - El producto debe ser adaptable a las características de cada usuario.

Facilitar movimiento - Debe ayudar a generar movimiento de aquellas partes del cuerpo que se encuentran afectadas, facilitando el proceso de rehabilitación, brindando autonomía y mejorando su calidad de vida.

Modularidad - Los componentes deben ser fácilmente reemplazables y reparables.

Diseño

El sistema está constituido por tres módulos, los dos principales permiten la flexo-extensión de codo y muñeca, mientras que el tercer módulo (secundario) posibilita el agarre y levantamiento de diferentes objetos, esto varía de acuerdo al aditamento que se emplee.

A. Módulo primario del codo

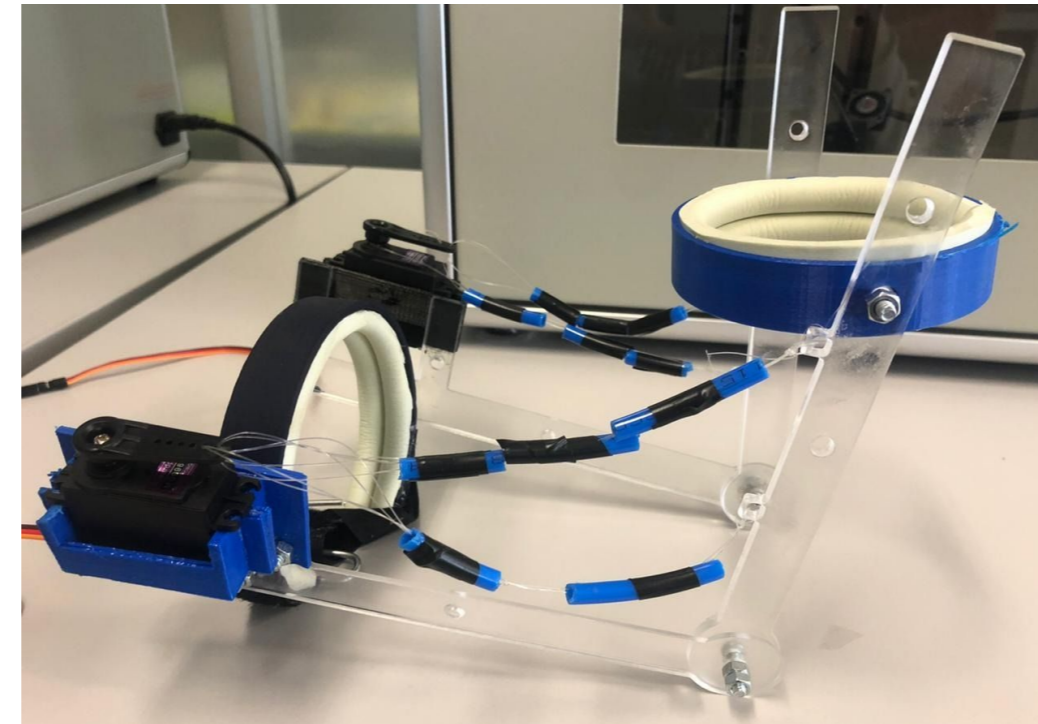


Figura 1. Módulo de flexión-extensión de codo

La estructura se encuentra recubierta con tela de algodón, y a la vez está recubierta con cinta de neopreno al interior de los aros, de esta forma podría adaptarse a cualquier tamaño de extremidad superior. Las cuerdas de nylon se sujeta a las barras por unos pequeños agujeros diseñados para que el servomotor pueda, por medio de la tensión generada, mover la articulación.

El módulo consta de una estructura articulada acoplable a la extremidad superior del paciente; impulsada por dos servomotores MG996R Tower Pro y dos cuerdas de nylon en cada lado del brazo. Este se activa por un módulo de reconocimiento de voz, Voice recognition v2, y controlada por un microcontrolador Arduino Uno. La estructura se encuentra compuesta por dos aros de radio 12 y 9 cm, mismo grosor de 3cm, dos barras de antebrazo de 20 cm y dos barras en el brazo con 22 cm en las que se ubican los servomotores.

B. Actuador hidráulico de flexo-extensión de muñeca

Se ubica entre la palma de la mano y el brazo, al ser inflado por la presión hidráulica generada en su interior permite la extensión de la mano en un ángulo de hasta 62°.

Este módulo posee una lámina limitadora de tensión de cartón prensado en la base; lo que produce una fuerza opuesta a la inicial que regresa la mano a su posición extendida. El actuador es llenado o vaciado con una jeringa que se acciona por un sistema de servomotor, el cual a su vez es controlado por el módulo de voz.



Figura 2. Módulo de flexión-extensión de muñeca.

Al ser activado el servomotor se estimula el efecto tenodesis, este es una presión pasiva que se consigue al extender la muñeca gracias al acortamiento de los flexores de los dedos.

C. Módulo secundario de mano

El módulo secundario consta de tres partes, un guante de algodón, un objeto de uso cotidiano y una base, todas adaptadas con imanes que le permiten al usuario realizar actividades fundamentales, como comer, autónomamente. El guante tiene dos imanes, uno en la palma, que permite llevar el objeto a la mano y otro en el dedo pulgar, que permite el movimiento de pinza para sujetarlo.

Por otro lado, el objeto adaptado consta de tres imanes, uno que se adhiere al pulgar, otro que es atraído al imán de la palma de la mano, y el tercero se encuentra en la parte trasera del objeto para ser atraído hacia la base, la cual también contiene un imán, con el objetivo de que el usuario puede soltar el objeto fácilmente.



Figura 3. Módulo secundario de mano.

Resultados y Discusión

En el presente informe, se presentó el diseño y fabricación de una órtesis integrada que trata los movimientos de flexión y extensión tanto de codo como de muñeca; del mismo modo, el prototipo está compuesto por un módulo secundario en forma de guante, que permite al usuario tener control para sujetar objetos. Este sistema integrado le brinda al usuario la capacidad de realizar movimientos como ejercicios de rehabilitación, específicas para cada área de los miembros superiores. Al complementar los dos movimientos obtenidos con la órtesis se obtiene una cantidad considerable de posibilidades de movimiento para realizar actividades básicas de la vida diaria, en las que se incluyen comer y levantar objetos.



Figura 4. Actuador de flexión-extensión de muñeca.



Figura 5. Módulo de flexión-extensión de codo.



Figura 6. Módulo de flexión-extensión de muñeca

Durante la manufactura del prototipo se tuvieron algunos puntos en consideración para la mejora de este, tales como la implementación de un sistema con servomotores de giro completo y mayor fuerza para el módulo del codo.

Los brazaletes de ajuste al brazo utilizados otorgan el ajuste necesario para mantener la órtesis en su posición normal de funcionamiento, sin embargo, se considera usar brazaletes de ajuste al brazo de tela para brindar mayor comodidad. En el prototipo presentado, se diseñó una caja para contener el arduino y conexiones con los servomotores; se considera implementar esta caja en una manga moldeable al brazo para obtener un diseño más discreto.

Conclusiones y recomendaciones

El rango de movimiento funcional del codo es de 75° a 120° de flexión para realizar actividades de la vida diaria [3], la órtesis mecánica permite realizar el movimiento de flexión y extensión del codo en un rango de 70° a 100°. Asimismo, para la muñeca, 60° de extensión y 54° de flexión reflejan el máximo movimiento requerido para actividades diarias; el actuador permite el movimiento de la muñeca en un rango de 39° a 62° [4]. Los resultados obtenidos evidencian la efectividad de la órtesis mecánico-hidráulica para brindar autonomía en actividades básicas diarias y realizar ejercicios de rehabilitación para prevenir el acortamiento músculo tendinoso de extremidades superiores de pacientes con cuadriplejia.

[1] National Spinal Cord Injury Statistical Center (NSCISC) (2019). Retrieved 27 November 2019, from https://www.nscisc.uab.edu/public_pages/FactsFiguresArchives/Facts%20and%20Figures-Spanish/SCI%20Facts%20and%20Figures%20at%20a%20Glance%20-%202018%20-%20Spanish.pdf
[2] Msktc.org. (2019). [online] Available at: https://msktc.org/lib/docs/SCI-spasticity-Span_BZEdits.pdf [Accessed 27 Nov. 2019].

[3] Vasen, A., Lacey, S., Keith, M. and Shaffer, J. (1995). Functional range of motion of the elbow. The Journal of Hand Surgery, 20(2), pp.288-292.
[4] Ryu J, Cooney W, Askew L, An K, Chao E. Functional ranges of motion of the wrist joint. The Journal of Hand Surgery. 1991;16(3):409-419.