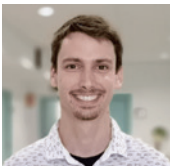


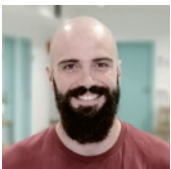
Exoesqueletos robóticos para volver a caminar



Josep Maria Font
Doctor en Ingeniería Biomecánica,
Laboratorio de Ingeniería Biomecánica, UPC.
Able Human Motion.



Joan Lobo
Ingeniero de Rehabilitación.
ABLE Human Motion.



Antonio Rodríguez
Ingeniero Biomédico,
Laboratorio de Ingeniería Biomecánica, UPC.

Aproximadamente el 60% de los pacientes con problemas neuromusculares padecen trastornos de la marcha que, a su vez, tienen un elevado impacto en su calidad de vida.

Además, la pérdida de movilidad e independencia para realizar actividades básicas de la vida diaria dan como resultado un estilo de vida sedentario. Esta falta de actividad física aumenta el riesgo de desarrollar complicaciones de salud secundarias, como patologías respiratorias y cardiovasculares, disfunción intestinal y vesical, obesidad, osteoporosis y úlceras, que pueden disminuir aún más la esperanza de vida de los pacientes afectados. En consecuencia, la recuperación de la marcha es uno de los principales objetivos de la rehabilitación para pacientes con discapacidades neuromusculares.

La rehabilitación de la marcha mediante tecnología robótica apareció hace 25 años como una alternativa al entrenamiento convencional de la marcha. En comparación con la terapia convencional, la rehabilitación robótica ofrece un entrenamiento altamente controlado, repetitivo e intensivo. Permite reducir la carga física para el fisioterapeuta, y proporciona evaluaciones objetivas y cuantitativas de la progresión de los pacientes a lo largo del proceso de rehabilitación. El uso de robots de rehabilitación de la marcha comenzó en 1994 con el desarrollo del Lokomat. Desde entonces, se han desarrollado diferentes robots de rehabilitación, que se pueden clasificar en exoesqueletos fijos (por ejemplo, Lokomat, LOPES, ALEX), exoesqueletos portátiles (por ejemplo, ReWalk, Ekso, Indego), y dispositivos que solo se fijan a los pies (por ejemplo, Gait Trainer GT II, Haptic Walker). Además de estas categorías, en los últimos años se han desarrollado los *soft exoskeletons* o *exosuits*, que utilizan sistemas de actuación que se integran en la ropa para asistir la marcha. Aunque existen diferentes tecnologías robóticas para la rehabilitación de la marcha, las características óptimas de estas tecnologías para un usuario y discapacidad específicos aún son un tema abierto de investigación.



Aunque existen diferentes tecnologías robóticas para la rehabilitación de la marcha, las características óptimas de estas tecnologías para un usuario y discapacidad específicos aún son un tema abierto de investigación.

Los exoesqueletos portátiles se están convirtiendo en un dispositivo revolucionario para la rehabilitación de la marcha, debido tanto a la participación activa requerida por parte del usuario que promueve su actividad física, como a la posibilidad de ser utilizado como un dispositivo de asistencia en un entorno doméstico. El número de estudios científicos sobre exoesqueletos portátiles durante los últimos 10 años muestra un rápido aumento, siguiendo la tendencia general de los estudios sobre robots de rehabilitación. Algunos de estos dispositivos ya cuentan tanto con el marcador CE como con la aprobación de la FDA, y están disponibles comercialmente, mientras que muchos otros todavía están en fases de desarrollo.

Exoesqueletos portátiles para la asistencia y rehabilitación de la marcha

Los exoesqueletos son sistemas robóticos “vestibiles” que constan de una estructura mecánica, motores eléctricos, sensores, un ordenador y baterías. En general, el principio de funcionamiento de un exoesqueleto para la rehabilitación de la marcha es el siguiente: en primer lugar, a partir de la información captada por los sensores y los algoritmos avanzados, el ordenador detecta la intención del usuario de dar el paso. Una vez detectado este evento, el ordenador planifica el tipo de movimiento que debe efectuar el exoesqueleto para dar el paso. Esta información se envía entonces a los motores, que se encargan de ejecutar dicho movimiento en sinergia con el usuario. Finalmente, las baterías alimentan los diferentes sistemas presentes en el exoesqueleto.

Actualmente, los usuarios principales de exoesqueletos portátiles para la rehabilitación de la marcha son personas con lesiones medulares de nivel torácico, aunque también se han usado, en menor medida, con lesiones de nivel cervical y lumbar. En segundo lugar, encontramos como usuarios de exoesqueletos a personas que han tenido un accidente cerebrovascular (ACV) o ictus. Finalmente, personas con otras afectaciones neuromusculares, como, por ejemplo, esclerosis múltiple o parálisis cerebral, también están empezando a usar este tipo de tecnología.

En general, los exoesqueletos portátiles presentan articulaciones activas en cadera y rodilla. El tobillo, en cambio, tiende a ser rígido o, en menor medida, pasivo. En cuanto a su estructura, los exoesqueletos son capaces de adaptarse a la morfología del paciente con ajustes mecánicos. Sin embargo, ponerse y quitarse el dispositivo de manera rápida y autónoma es todavía un reto, igual que mantener el equilibrio cuando se utiliza. Actualmente, para andar con un exoesqueleto es indispensable el uso de muletas, caminadores o bastones, lo que se traduce en limitaciones de movilidad e independencia del usuario.

A pesar del gran aumento de exoesqueletos portátiles, su evidencia clínica está todavía limitada a intervenciones cortas y con pocos sujetos. Además, la variabilidad de los diseños y protocolos utilizados entre estudios impiden realizar una comparación adecuada entre ellos. Respecto a las métricas obtenidas, destacan aquellas que se centran en la valoración de la marcha (por ejemplo, el test de los 10 metros), dejando de lado aquellas que conciernen a condiciones de salud secundarias (por ejemplo, medir cambios en la densidad mineral ósea). Por último, cabe destacar la limitación que presentan hoy en día los exoesqueletos portátiles para realizar actividades de la vida diaria, como caminar de lado, caminar por distintas superficies o subir escaleras.

Desarrollo del exoesqueleto ABLE. De la ciencia al mercado

La *start-up* catalana ABLE Human Motion ha desarrollado en los últimos años un exoesqueleto ligero, económico y fácil de utilizar que permite que personas con una lesión medular puedan volver a levantarse y caminar de forma autónoma. Este exoesqueleto robótico tiene su origen en proyectos de investigación del Laboratorio de Ingeniería Biomecánica (BIOMECA) de la Universitat Politècnica de Catalunya, junto con las Universidades de A Coruña y Extremadura.

En estos proyectos, gracias a la colaboración con el equipo médico del Hospital de A Coruña, se observó que los pacientes con lesiones medulares por debajo de la vérte-



bra torácica 10 (T10) no tenían dispositivos de asistencia adaptados a sus necesidades, sino únicamente exoesqueletos robóticos pensados para cualquier paraplejía. Estos sistemas son prácticamente inaccesibles para el ciudadano medio debido a su elevado coste, y poco versátiles para el día a día debido a su elevado peso. Además, requieren la supervisión por parte de fisioterapeutas durante su utilización.

Las personas con lesiones medulares por debajo de la vértebra T10 generalmente pueden ponerse de pie y caminar con la ayuda de bitutores (estructuras ortésicas que bloquean la articulación de la rodilla) y con el soporte de muletas o un caminador. Esto es así gracias a que estas personas preservan cierta función motora en la cadera que les permite lanzar la pierna adelante para dar el paso. Sin embargo, la marcha obtenida con los bitutores es poco natural e ineficiente y, en consecuencia, solo los utilizan en ocasiones puntuales.

A partir de la detección de esta necesidad clínica, el objetivo de la investigación fue crear un prototipo ligero, personalizado y fácil de utilizar, para que el paciente pudiera hacerlo de forma autónoma en un entorno doméstico. Se empezó estudiando la biomecánica del movimiento con bitutores de una paciente con lesión medular en la vértebra T11. El análisis de la marcha con bitutores permitió determinar qué debía hacer el exoesqueleto robótico para que la paciente caminara de una forma más natural. A partir de estos requisitos biomecánicos, se diseñaron varios prototipos que añadían módulos mecatrónicos a los bitutores ortopédicos: un motor en la rodilla para flexionar y extender la pierna, y un sensor inercial que mide orientaciones y aceleraciones para detectar la intención del usuario de iniciar el paso. Todo esto se complementó con una mochila en la que había la electrónica, el ordenador y una batería.

Con este prototipo se publicó un estudio piloto que se demostró una mejora en la marcha de la paciente respecto al movimiento con bitutores. Concretamente, se observó un aumento de la velocidad de marcha (+24,11%) y de la longitud de paso (+7,41%), y una disminución del desplazamiento lateral del centro de masas (-19,31%) que indicaba un mayor equilibrio durante el movimiento. La marcha asistida por el exoesqueleto también resultó ser más simétrica.

Los resultados positivos de este estudio piloto impulsaron al equipo investigador a iniciar el camino que lleva de la ciencia al mercado. En primer lugar, se participó en el programa CaixaImpulse de la Fundación “la Caixa”, que aportó la financiación y el apoyo necesarios al proyecto (mentores, sesiones de formación en regulatoria, transferencia de tecnología, protección intelectual y finanzas) para estudiar la usabilidad del dispositivo en tres pacientes del Institut Guttmann, así como la viabilidad de llevar el producto al mercado. También se

hicieron más de cien entrevistas a médicos, pacientes y fisioterapeutas, y se observó que había una necesidad médica no cubierta y con un mercado relevante que el exoesqueleto ABLE solucionaba.

Después de pasar por el programa CaixaImpulse se fundó la *spin-off* ABLE Human Motion, y hoy en día la empresa está formada por once jóvenes apasionados por la tecnología que trabajan duro para convertir el fruto de años de investigación en la UPC en un producto que pueda mejorar la movilidad y la autonomía de miles de personas con lesión medular. En comparación con los exoesqueletos comerciales, el prototipo actual de ABLE es hasta cinco veces más pequeño, esencial para la aceptación del uso diario; hasta tres veces más ligero, lo cual es muy importante para facilitar su portabilidad; y es hasta ocho veces más barato. Esto sitúa a la empresa en una posición única para lograr su objetivo principal: llevar la tecnología del exoesqueleto a casa de las personas con lesiones medulares.

Font-Llagunes, J.M., et al., Design, Control, and Pilot Study of a Lightweight and Modular Robotic Exoskeleton for Walking Assistance After Spinal Cord Injury, *Journal of Mechanisms and Robotics*, Vol. 12(3), 2020.

¿Necesitas mayor Autonomía en tu hogar?

AHORA YA NO HAY QUE PENSAR EN CAMBIAR DE DOMICILIO

Adom
TU ERREHA & SU ADAPTACIONES
ACCESIBILIDAD | ADAPTACIÓN | AUTONOMÍA
www.adom-autonomia.com



Adom, soluciones integrales en Autonomía y Accesibilidad

MÁS MOVILIDAD CON GRÚAS DE TECHO. Comunica cama-silla-wc-ducha. Control por mando a distancia.

BAÑO 100% ACCESSIBLE. Ducha 100% plana, sin escalones ni mamparas, baños 100% transitables en silla de ruedas.

MÁS CONTROL DEL HOGAR. Teléfono, interfono, televisor, persianas, luces...Control sobre todo el hogar en un único mando a distancia.

AUTONOMÍA PARA ENTRAR Y SALIR DE CASA. Automatización de puertas, elevadores, en casa o en la escalera. Acceso también disponible por control remoto.




¡ INFÓRMATE ! >>> Proyectos personalizados. Expertos en soluciones para cada discapacidad. Te asesoramos en la obtención de ayudas y subvenciones.

PÍDENOS PRESUPUESTO SIN COMPROMISO info@adom-autonomia.com **T. 93 285 04 37**