



Prototipo para la rehabilitación de pacientes con accidente cerebrovascular

Juan V. Durá Gil¹, Ignacio Bermejo Bosch^{1,2}, Enrique Viosca Herrero³, Miguel Matas³, Jaime M. Prat Pastor^{1,2}, Laura Martínez Gómez¹

¹ Instituto de Biomecánica (IBV).
Universitat Politècnica de València.
Edificio 9C. Camino de Vera s/n.
(46022) Valencia. España

² Grupo de Tecnología Sanitaria
del IBV, CIBER de Bioingeniería,
Biomateriales y Nanomedicina
(CIBER-BBN)

³ Hospital La Fe

El accidente cerebrovascular es la causa más común de discapacidad de adultos en Europa. Las cifras de supervivencia son del 75%, aunque aproximadamente la mitad de los afectados pierden la capacidad de vivir independientemente en su propio hogar. Su rehabilitación y hospitalización representan una carga económica importante para la UE. Con el fin de mejorar la rehabilitación y aumentar la independencia de los pacientes con estos problemas, el proyecto WalkX ha desarrollado un prototipo que les ayuda a incorporarse y rehabilitar la marcha corrigiendo su patrón de movimiento. El prototipo ayuda, además, a mantener el tronco erguido y restablecer el equilibrio. Se ha diseñado para ser utilizado en centros de rehabilitación, reduciendo el esfuerzo físico de los fisioterapeutas. De esta forma se conseguirá aumentar la duración e intensidad de las sesiones de terapia.



INTRODUCCIÓN

El proyecto WalkX es un proyecto europeo financiado por el VII Programa Marco, en la convocatoria de ayudas a la I+D para las pequeñas y medianas empresas. En el proyecto han participado dos empresas noruegas (Made for Movement Group AS, Xepto A), dos empresas del Reino Unido (Newtrim Limited, MCT Engineering Limited), una empresa de Francia (VDI GROUP SA), una empresa de Italia (MOTUS SRL) y una empresa de Suecia (MOBILE ROBOTICS SWEDEN AB) y como centros de investigación y desarrollo, han participado EESTI INNOVATSIOONI INSTITUUT (Estonia), INNORA (Grecia) y el Instituto de Biomecánica -IBV- (España).

El objetivo del proyecto ha sido desarrollar un aparato para facilitar el proceso de rehabilitación de la marcha en pacientes con accidente cerebrovascular.

EL IBV en el proyecto WalkX ha definido los requisitos de diseño, ha elaborado los algoritmos para simular el patrón de marcha y ha validado el prototipo en ensayos con pacientes. Estos ensayos se han realizado con la colaboración del Hospital La Fe de Valencia.





DESARROLLO

La fase inicial del proyecto ha consistido en una revisión del estado del arte y el establecimiento de grupos de discusión con fisioterapeutas y médicos rehabilitadores. Con esta información se han definido los requisitos de diseño y tareas que deben poder realizarse con ayuda del aparato diseñado.

Estos requisitos han permitido el dimensionamiento de la estructura y motores del aparato (parámetros cinemáticos -trayectorias, velocidades y aceleraciones de las partes móviles- y dinámicos -fuerzas y momentos que debían soportar los diferentes componentes-). Así, utilizando los patrones de marcha elaborados por el IBV, mediante diferentes herramientas de valoración funcional, ha sido posible desarrollar un algoritmo que calcula las trayectorias de las partes móviles en función de la longitud de paso y la antropometría del paciente.

En la última fase del proyecto el IBV y el Hospital La Fe han colaborado en la realización de las pruebas del prototipo desarrollado, tanto en sujetos sanos como en pacientes.

El objetivo de las pruebas con sujetos sanos era determinar si su patrón de marcha se reproducía al utilizar el prototipo. En las pruebas con sujetos sanos participaron 5 hombres y 5 mujeres, entre 23 y 28 años de edad a los que se les caracterizó el patrón cinemático de la marcha mediante electrogoniómetros. Con estos dispositivos es posible medir de forma continua el ángulo articular, por ejemplo la flexo-extensión de la rodilla y el tobillo.

Tras medir al sujeto caminado en un pasillo, se repetía la misma medida con el sujeto utilizando el prototipo.



Figura 1
Sujeto sano con electrogoniómetros.



Figura 2
Sujeto sano con electrogoniómetros y utilizando el prototipo.



A continuación se realizaron comparaciones entre los dos registros para ver el grado de coincidencia entre las dos situaciones analizadas.

En el grupo de pacientes, inicialmente se seleccionaron 15, pero 4 de ellos no pudieron finalizar las pruebas. Por ello únicamente se analizó una muestra de 11 pacientes.

El objetivo de los ensayos con pacientes ha sido detectar problemas de usabilidad, de adaptación ergonómica, así como opiniones y sugerencias de mejora por parte de los fisioterapeutas que los tratan.

Table 1
Patients.

Sexo	Edad (años)	Peso (kg)	Altura (m)	Descripción
Hombre	74	72,4	1,61	Hemiplejia izquierda. Utiliza andador con supervisión
Mujer	70	78,8	1,66	Hemiplejia izquierda. Se pone de pie con andador. No camina
Hombre	41	74,2	1,72	Hemiplejia derecha. Marcha inestable. Cortos recorridos con la ayuda de un trípode.
Hombre	64	81,4	1,78	Hemiparesia derecha. Camina con bastón. Problemas de equilibrio.
Mujer	56	55	1,60	Hemiplejia derecha. Afasia, hipoestesia,
Hombre	81	56,5	1,67	Hemiplejia derecha. Camina con trípode y supervisión.
Hombre	81	78,2	1,64	Hemiplejia derecha. Camina con bastón.
Hombre	61	52,8	1,52	Hemiplejia derecha. Cortos recorridos con la ayuda de un trípode.
Mujer	54	54,6	1,51	Hemiplejia izquierda. Camina con bastón.
Mujer	60	65	1,43	Hemiplejia izquierda. Camina con bastón.
Mujer	67	67	1,58	Hemiplejia derecha. Afasia. Problemas de equilibrio. No puede caminar.



RESULTADOS

En cuanto a los requisitos de diseño, y como resultado de los grupos de discusión mantenidos con los fisioterapeutas y rehabilitadores, se definieron las siguientes tareas que deberían poder realizarse con el prototipo:

1. Movilizar el tobillo del paciente mientras está sentado.
2. Levantarse y sentarse.
3. Mantenerse de pie con o sin ayuda, de forma que la fuerza que ayuda al sujeto a soportar su propio peso sea regulable.

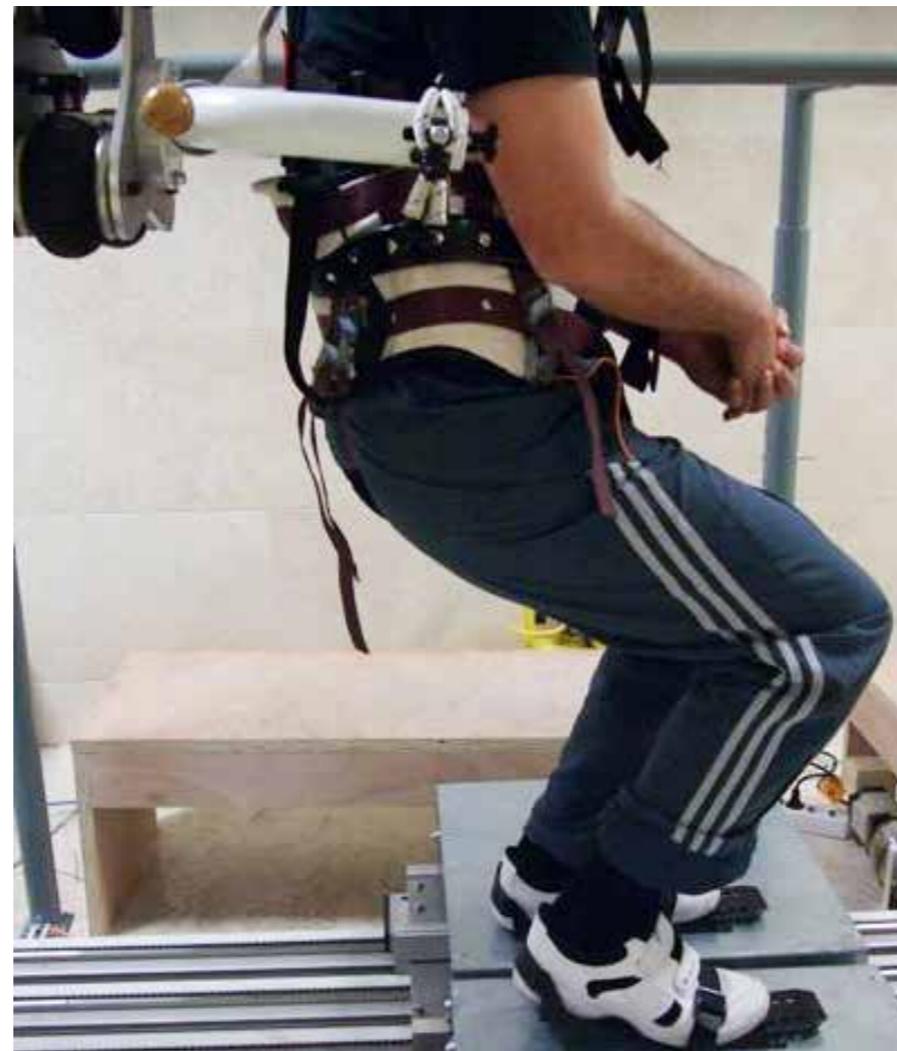
4. Caminar. Con la posibilidad de regular diferentes longitudes de paso y velocidades. El patrón de movimientos para las diferentes longitudes de paso debe ser natural.

Además, los profesionales recomendaron:

- a. La colocación del paciente y la regulación del prototipo debe realizarse en menos de 10 minutos.
- b. Debido a que algunos pacientes tienen problemas cognitivos, la fijación del paciente y del sistema deben ser

Figura 3

Paciente haciendo ejercicios de levantarse y sentarse.





seguras y el paciente no debe tener acceso al control del prototipo.

- c. La rigidez del arnés o sistema de fijación del tronco debe ser regulable para corregir la postura.
- d. El prototipo debe permitir que el fisioterapeuta tenga un acceso sencillo para realizar manipulaciones con el paciente. Por ejemplo, movilizaciones de piernas o brazos.

Como consecuencia de lo anterior, además de los mecanismos para regulación del patrón de marcha (longitud de paso y velocidad), se diseñó un sistema de regulación de la fuerza vertical que ayuda a soportar un porcentaje del peso del paciente. El terapeuta puede regular ese porcentaje, o

eliminarlo cuando el paciente ya es capaz de soportar su propio peso.

Con respecto a los resultados de los ensayos con sujetos sanos, en la siguiente figura se muestran los resultados del estudio comparativo. La línea azul de la figura muestra el ángulo de flexión de rodilla de un sujeto medido en el pasillo de marcha sin prototipo (izquierda) y sobre el prototipo (derecha), señalando la variabilidad de la muestra mediante las líneas rojas. Se puede observar una diferencia en la forma de la gráfica en las dos situaciones. El resultado con los 10 sujetos sanos fue que el prototipo era capaz de reproducir correctamente el patrón cinemático de marcha durante un 90% del ciclo.

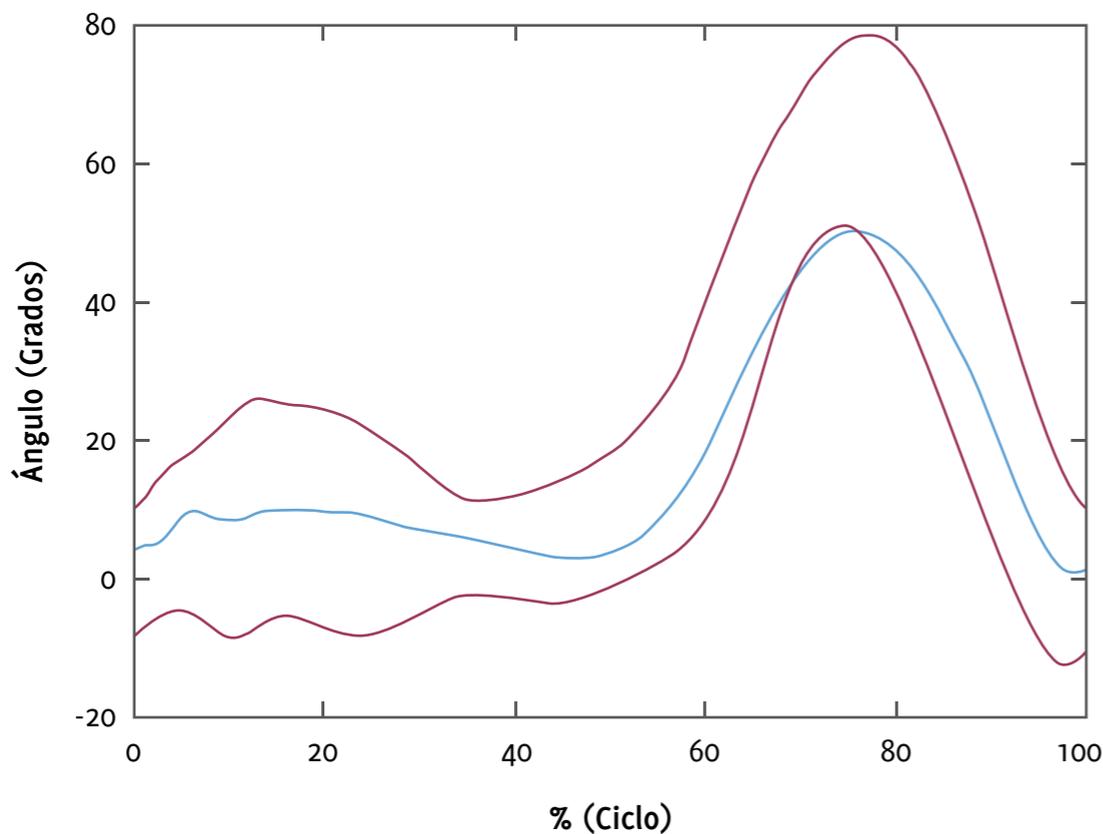
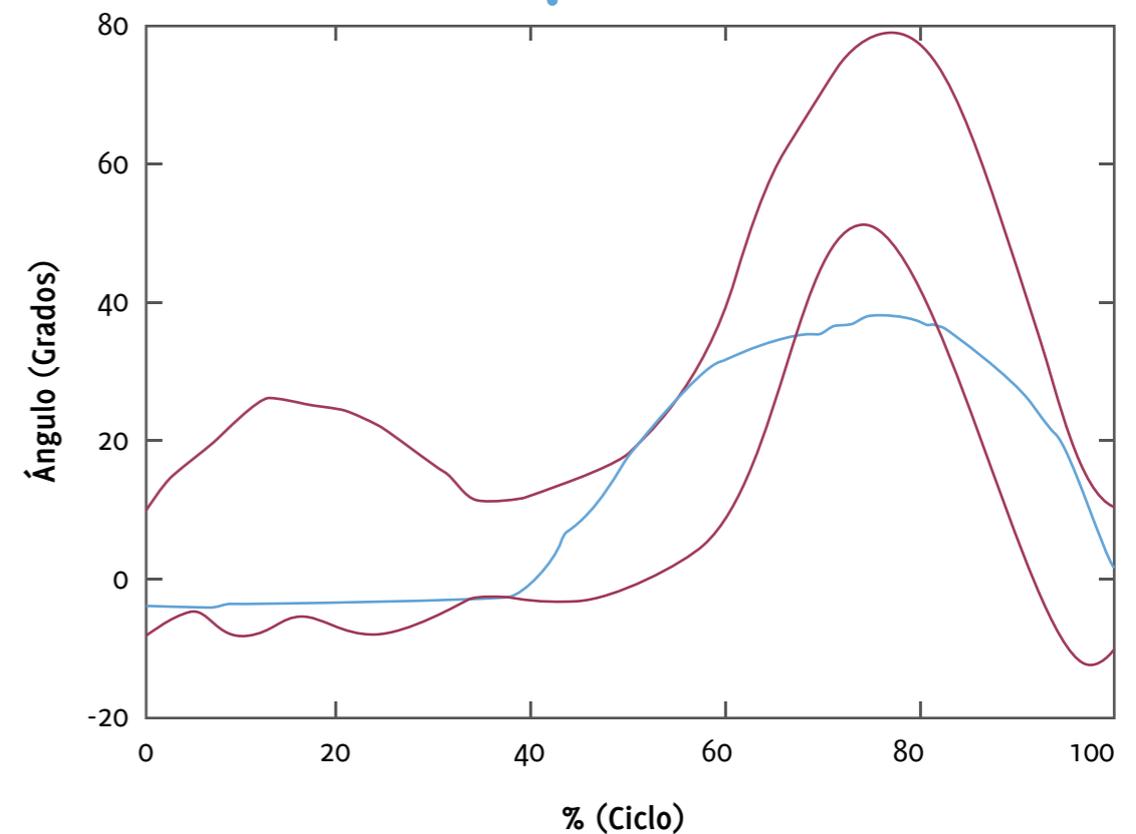


Figura 4

Comparativa del ángulo de flexión de rodilla.





Durante la realización de ensayos con pacientes, los terapeutas evaluaron de forma positiva el prototipo porque permitía iniciar la rehabilitación de la marcha en una fase temprana, incluso cuando el paciente no es capaz de mantenerse de pie. Además, destacaron que los pacientes deseaban volver a usar el prototipo, lo que podría mejorar

la adherencia de los pacientes a la terapia. Indicaron, asimismo, la necesidad de incluir mejoras en el sistema de acceso, ya que el tiempo para ubicar al paciente y regular el prototipo era excesivo. Estas mejoras de diseño deberían implementarse antes de iniciar la fase de comercialización del dispositivo.





CONCLUSIONES

El prototipo ha demostrado que los conceptos de diseño aplicados son adecuados. El prototipo permite iniciar la rehabilitación de la marcha en una fase temprana y podría mejorar la adherencia del paciente a la terapia.

Antes de comenzar la fase de comercialización sería necesario mejorar el sistema de acceso del paciente desde una silla de ruedas para facilitar el trabajo a los fisioterapeutas. □

Agradecimientos

La investigación que ha llevado a estos resultados ha recibido financiación del 7º Programa Marco de la Comunidad Europea FP7/2007-2013 bajo acuerdo de subvención número 262569.

