

Rehabilitación del hombro doloroso en hemiparésicos mediante la terapia robótica

Elio Hermis Castellanos-Lesmes

Licenciado. Facultad de Cultura Física. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.
<https://orcid.org/0000-0002-1065-0707>
ecastellanos@uo.edu.cu

Rodolfo Compta-Palancar

Licenciado. Facultad de Cultura Física. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.
<https://orcid.org/0000-0002-4224-763X>
palancar@uo.edu.cu

Manuel Alejandro Romero-León

Doctor en Ciencias. Facultad de Cultura Física. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.
<https://orcid.org/0000-0002-8866-5204>
magoale@uo.edu.cu

Recibido: 16/I/2021
Aprobado: 1/II/2021
Publicado: 1/IV/2021

Resumen: Una terapia necesaria y obligatoria es el entrenamiento funcional repetitivo de los miembros superiores, luego de un trauma cerebral o lesión. Tradicionalmente se ejecuta de forma manual, pero resulta impracticable para muchos pacientes por la duración del tiempo y el cansancio del fisiatra luego de extensas sesiones, lo cual compromete la rehabilitación plena. A partir de las experiencias demostradas por varios autores en sus complicaciones con los pacientes hemiparésicos o hemipléjicos posictus, que padecen del síndrome hombro doloroso (omalgia), se entiende que la solución ideal para tales problemas es la implicación de un equipo de terapia mecánica como herramienta eficaz. Según este propósito, el artículo muestra los resultados que se han adquirido con pacientes del Hospital Clínico Quirúrgico Juan Bruno Zayas, de Santiago de Cuba, en la utilización de un exoesqueleto ajustable que proporciona el control terapéutico de 4 grados de libertad: flexo-extensión del hombro, rotación de la articulación glenohumeral, flexo-extensión del codo y pronosupinación del antebrazo.

Palabras clave: hemiplejia; omalgia; rehabilitación; terapia robótica; exoesqueleto mecánico

Painful Shoulder Rehabilitation in Hemiparesis Patients through Robotic Therapy

Abstract: A necessary and obligatory therapy after a stroke or brain damage is the repetitive functional training of upper limbs. Traditionally, the therapy is performed manually, though it is unfeasible for many patients due to the duration and the physiatrist

fatigue after long sessions, which compromises the full rehabilitation of the patient. From the experiences shown by different authors regarding the complication of post-stroke hemiparesis or hemiplegic patients, suffering from pain in the shoulder syndrome (omalgia); the involvement of a mechatronic therapy team as an effective tool is considered the ideal solution for such problems. According to this purpose, this article aims at presenting the results obtained with patients from the Surgical Clinical Hospital: Juan Bruno Zayas, from Santiago de Cuba, when using an adjustable exoskeleton that provides the therapeutic control of 4 degrees of freedom: flexion-extension of the shoulder, rotation of the glenohumeral joint, flexion-extension of the elbow and prone supination of the forearm.

Keywords: hemiplegia; omalgia; rehabilitation; robotic therapy; mechanical exoskeleton

Reabilitação do ombro doloroso em hemiparésicos mediante a terapia robótica

Resumo: Uma terapia necessária e obrigatória é o treino funcional repetitivo dos membros superiores, logo depois de um trauma cerebral ou lesão. Tradicionalmente se executa de forma manual, mas resulta impraticável para muitos pacientes pela duração do tempo e o cansaço do fisiatra logo depois de extensas sessões, o qual compromete a reabilitação plena. A partir das experiências demonstradas por vários autores em suas complicações com os pacientes hemiparésicos ou hemiplégicos posictus, que padecem do síndrome ombro doloroso (omalgia), entende-se que a solução ideal para tais problemas é a implicação de uma equipe de terapia mecatrónico como ferramenta eficaz. Segundo este propósito, o artigo mostra os resultados que se adquiriram com pacientes do Hospital Clínico Cirúrgico Juan Bruno Zayas, do Santiago de Cuba, na utilização de um exoesqueleto adaptável que proporciona o controle terapêutico de 4 graus de liberdade: luminária de mesa-extensão do ombro, rotação da articulação glenohumeral, luminária de mesa-extensão do cotovelo e pronosupinação do antebraço.

Palavras-chaves: hemiplejia; omalgia; reabilitação; terapia robótica; exoesqueleto mecânico

Introducción

El ictus representa la tercera causa de muerte y la primera de discapacidad en el mundo desarrollado. En Cuba se estiman 70 nuevos casos por día y una tasa de mortalidad bruta en ascenso (Lombillo *et al.*, 2014). Según la causa (hemorrágica o isquémica), la severidad del daño cerebral y la topografía lesionar pueden sobrevenir al enfermo secuelas motoras, sensoriales, visuales, trastornos del lenguaje y mentales. Dentro de estos, la hemiparesia es la representación más común de las secuelas motoras.

La aparición del hombro doloroso hemipléjico (HDH) después de un ictus, ocasiona dolor y limita tanto las actividades de la vida diaria como la participación del paciente en programas específicos de neurorrehabilitación, lo que determina un resultado funcional desfavorable. Se ha

demostrado que la recuperación de los miembros superiores es más difícil que la de los miembros inferiores, debido a la complejidad de sus funciones.

Para su tratamiento se aplican las técnicas tradicionales por un fisioterapeuta, mediante la realización de ejercicios manuales intensivos. Esto requiere esfuerzo físico que provoca cansancio al final de una jornada e implica, consecuentemente, la realización inadecuada de las operaciones (Gutiérrez *et al.*, 2007). Además, la ejecución incorrecta del control de la fuerza debido a la resistencia del paciente al movimiento, puede provocar temor a las terapias y tensión muscular, lo cual se traduce en un retraso significativo en su evolución (Torres, 2012).

Un sistema robótico con velocidad de movimiento controlable y apoyado por la inteligencia sensorial constituye una solución a los procedimientos tradicionales de los centros de terapia física, pues permite la grabación objetiva de los datos individuales, lo cual ayuda a terapeutas y médicos en el monitoreo y evaluación del progreso del paciente y de la intervención terapéutica (Abdullah *et al.*, 2011).

El empleo de la robótica en neurorrehabilitación proviene directamente de los descubrimientos recientes de la neurociencia, que demuestran cómo los ejercicios físicos basados en movimientos voluntarios son determinantes en los resultados clínicos significativos de la recuperación motora. Es por ello que la rehabilitación física es un área donde la robótica contribuye al retorno motor luego del ictus.

Las últimas investigaciones muestran que la combinación entre un tratamiento convencional de movimiento pasivo con uno asistido por un dispositivo robótico genera ganancias significativas, no solo en la mejoría de las condiciones mioarticulares del individuo, sino también en su funcionalidad. Estos dispositivos han de ser seguros, poco complejos y ligeros, que permitan su adecuado uso.

Sin embargo, pese a los numerosos estudios realizados sobre la importancia de la aplicación de esta ciencia, la realidad científica manifiesta que resultan insuficientes aquellos centrados en la rehabilitación neurológica del hombro doloroso en pacientes hemiparésicos. Es limitada también la determinación precisa de métodos y procedimientos que garanticen la estimulación del proceso.

Como el hombro doloroso hemipléjico es una complicación temida y condiciona un alcance limitado dentro de la recuperación funcional, se hace necesario su estudio, con el fin de

evaluar los resultados del entrenamiento robótico. Por ende, el objetivo principal de este artículo es aplicar una terapia robótica en pacientes hemiparésicos con hombro doloroso posictus, que sea efectiva en la recuperación funcional del enfermo.

Métodos

Con el propósito de evaluar la efectividad de la aplicación de la terapia robótica se realizó una intervención terapéutica en pacientes sobrevivientes a ictus isquémico que presentaron como complicación el síndrome del hombro doloroso en las etapas flácida y espástica. Estos pacientes fueron atendidos en el Departamento de Medicina Física y Rehabilitación del Hospital General Dr. Juan Bruno Zayas Alfonso, en la provincia de Santiago de Cuba, durante el periodo comprendido entre septiembre del 2016 y marzo del 2018.

La población estuvo constituida por un total de 10 pacientes, de los cuales se tomó uno como muestra para la investigación. Este paciente presentó déficit motor (hemiparesia) de causa isquémica, confirmada por estudios imagenológicos; con hombro doloroso en etapas flácida y espástica; de edad superior a 40 años, cuya enfermedad representaba el primer episodio de este tipo, por lo que cumplió con todos los criterios de selección.

Se utilizaron métodos del nivel teórico, como el análisis- síntesis, en el estudio de las fuentes bibliográficas desde la recopilación de los datos obtenidos; la revisión documental en la búsqueda de información sobre la terapia robótica y su aplicación en el mundo; y la observación, para la constatación del estado inicial y la descripción de resultados del tratamiento.

Dentro de los métodos matemáticos se empleó la estadística descriptiva y la inferencial, en el análisis e interpretación de los resultados con la aplicación de los instrumentos de investigación y en la refutación o validación de los mismos, respectivamente.

Se tomaron como criterios de salida el abandono voluntario, la aparición de complicaciones clínicas que pudieran interferir con la continuidad del tratamiento rehabilitador, la recidiva del accidente cerebrovascular, la ausencia a 3 sesiones de tratamiento y el fallecimiento.

Resultados

Para el análisis de la muestra se utilizaron las siguientes variables: grado de espasticidad, etiología del hombro doloroso, valoración muscular manual, grado de severidad del hombro doloroso, evaluación articular de la amplitud del movimiento y grado de satisfacción general subjetivo.

La espasticidad se clasificó en grados acorde con la escala de Ashworth modificada, que cuenta con 5 ítems, de menor a mayor, cuando se constata el tono muscular normal o su incremento por hiperactividad del arco reflejo miotático (Sánchez, 2014). Según esta variable, el grado de espasticidad de la muestra fue de 2 (hipertonía moderada) al inicio del estudio como se evidencia en la tabla 1. Ver tabla 1.

Tabla 1

Grado de espasticidad. Escala de Ashworth modificada

Espasticidad. Escala de Ashworth modificada				
Cantidad de sesiones	Inicio	30	60	90
Grado	2	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Nota. Grado de Espasticidad: *grado 0:* Tono muscular normal, *grado 1:* Hipertonía leve *grado 2:* Hipertonía moderada, *grado 3:* Hipertonía intensa, *grado 4:* Hipertonía extrema

Se distinguieron tres manifestaciones del hombro doloroso, en dependencia de la variable cualitativa politómica de etiología del hombro doloroso y a las causas de omalgia en el hombro paralizado:

- Con SEH (subluxación escápulo humeral): hombro doloroso donde se constate la subluxación escápulo humeral como entidad responsable, pero sin asociarse a otras etiologías.
- Sin SEH (subluxación escápulo humeral): hombro doloroso en ausencia de subluxación escápulo humeral. Se corroborará la etiología neurológica o de otras causas osteomioarticulares (lesión del manguito de los rotadores, tendinitis y tendinosis, capsulitis adhesiva, síndrome de pinzamiento, síndrome doloroso regional complejo, plexopatía braquial, neuropatía del nervio axilar y espasticidad).

- Mixtas: presencia de subluxación escápulo humeral asociada a etiología neurológica o del sistema osteomioarticular.

Posteriormente se evaluó la fuerza muscular del paciente, según la variable cualitativa ordinal mediante la escala MRC (*Medical Research Council*). Según esta, la fuerza del paciente se gradúa en una escala de 0-5 como se muestra a continuación:

- Grado 5. Fuerza muscular normal contra resistencia completa.
- Grado 4. La fuerza muscular está reducida, pero la contracción muscular puede realizar un movimiento articular contra resistencia.
- Grado 3. La fuerza muscular está reducida tanto que el movimiento articular solo puede realizarse contra la gravedad sin la resistencia del examinador. Por ejemplo, la articulación puede moverse desde extensión completa hasta flexión completa cuando comienza con el brazo suspendido al lado del cuerpo.
- Grado 2. Movimiento activo que no vence la fuerza de gravedad. Por ejemplo, el codo puede flexionarse completamente solo cuando el brazo es mantenido en un plano horizontal.
- Grado 1. Esbozo de contracción muscular.
- Grado 0. Ausencia de contracción muscular (García y Arana, 2013; Sánchez, 2014).

El paciente estudiado fue evaluado también según el grado de severidad, que permite evaluar dolor y movilidad (Frómeta, 2013). En esta variable cualitativa politómica, la variación oscila entre el grado 0 (Severo) y el grado 3 (Casi Normal), el grado 1 es el moderado y el 2, el ligero. En la medida en que transcurrieron las sesiones, el grado de severidad de dolor disminuyó. Ver tabla 2.

Tabla 2

Resultados de la muestra

Grado de severidad del hombro doloroso						
Cantidad de sesiones	0	10	20	30	60	90
Grado	1	3	Sin dolor	Sin dolor	Sin dolor	Sin dolor

Fuente: Elaboración propia

Nota. Grado de severidad del hombro doloroso: grado 0 (Severo), grado 1 (Moderado), grado 2 (Ligero), grado 3 (Casi Normal)

Por su parte, en la evaluación articular de la amplitud de movimiento, variable cualitativa dicotómica basada en los resultados de la amplitud articular medida por goniometría se consideraron las siguientes categorías (Domínguez *et al.*, 2005):

- Hombro no funcional: Flexión activa menor de 60° y abducción menor de 40°. Mejoría al efectuar de manera activa la flexión de hombro a 60° y abducción de 40°.
- Hombro funcional: Con $\geq 90^\circ$ de flexión y $\geq 75^\circ$ o más de abducción activa.

Se definió el concepto de satisfacción en la variable cualitativa politómica grado de satisfacción general subjetivo. El mismo se refiere a la medida en que el estado de salud de una persona cumple con sus perspectivas y representa la vivencia subjetiva derivada del cumplimiento o incumplimiento de las expectativas que tiene un sujeto con respecto a algo. La satisfacción del cliente pudo evaluarse mediante una escala tipo Likert de 10 puntos, que mide la percepción del nivel de satisfacción respecto al grado de mejoría (Abdullah *et al.*, 2011).

La plataforma se concibió con un mecanismo de férulas dentadas y barras deslizantes que cinemática y estructuralmente responde a los movimientos implicados en la rutina terapéutica para la atención a pacientes de altura promedio entre 1.40-1.75 metros, y peso entre los 50-100 kilogramos.

El exoesqueleto cuenta con sistemas de seguridad electrónica (botón o pedal de corte de energía) que cuando es accionado por el paciente o por el operador, el equipo se detiene y bloquea cualquier rutina efectuada. La terapia robótica se realiza con el paciente en sedestación o bipedestación y comienza en posición de partida o neutra de la extremidad superior. Los movimientos puros que se realizan con el equipo son: pronación supinación; flexión extensión codo; rotación del húmero; flexión extensión del hombro y abducción hombro.

En cuanto a las rutinas terapéuticas (movimientos puros que han sido combinados) pueden ejecutarse 10, de acuerdo con los parámetros seleccionados por medio de una interfaz, denominada control de rutinas de rehabilitación. Los movimientos realizados por el equipo se efectúan con diferentes grados ubicados en la casilla de desplazamiento. Es posible la modificación de la velocidad.

Para cada articulación, la velocidad máxima de giro (constante) es de 25°por segundo, con la posibilidad de repetirla varias veces. La interfaz ofrece la seguridad de guardar o salvar las rutinas realizadas. Si se multiplica el ciclo por las 20 repeticiones, se obtiene el cálculo de la duración total de la rutina.

En esta etapa de estudio a la población se realizaron 20 repeticiones idénticas en el hombro a través de tres rutinas:

- **Rutina de flexión del hombro:** ciclo de duración de 20.8 segundos. Tiempo total de 6 minutos con 10 segundos.
- **Rutina de extensión del hombro:** ciclo de duración de 3.2 segundos. Tiempo total de 1 minuto con 1 segundo.
- **Rutina de rotación externa del hombro:** ciclo de duración de 18.4 segundos. Tiempo total de 6 minutos con 13 segundos.

El diseño del exoesqueleto excluye la posibilidad de ejecución de los movimientos de muñeca y mano de la extremidad afectada; estos movimientos serán practicados manualmente por el fisioterapeuta.

Se realizaron cinco evaluaciones en diferentes momentos. Una evaluación inicial al momento de su inclusión en el estudio; una segunda evaluación al finalizar 10 sesiones de tratamiento; una tercera al finalizar 20 sesiones de tratamiento, y así sucesivamente hasta realizarse una evaluación final luego de terminados los seis meses de tratamiento. Ver tabla 3.

Tabla 3

Evaluaciones realizadas

Aspectos a evaluar	Frecuencia de evaluaciones					
	Inicial	10 sesiones	20 sesiones	30 sesiones	3 meses	Final 6 meses
Grado de severidad del hombro doloroso	X	X	X	X	X	X
Evaluación radiológica	X					X
Evaluación ecográfica	X					X
Evaluación neurofisiológica	X					X
Valoración muscular manual	X	X	X	X	X	X
Evaluación articular de la amplitud de movimiento	X	X	X	X	X	X
Respuesta terapéutica					X	X
Grado de satisfacción general subjetivo				X		X

Fuente: Elaboración propia

Discusión

La rehabilitación del hombro doloroso en pacientes hemiparésicos mediante la terapia robótica ha generado gran interés desde la investigación basada en el cuerpo, pues cada día aumentan más las personas reportadas con este padecimiento en el mundo. Sin embargo, no todas las modalidades de terapias emergentes o actuales están indicadas como una opción

terapéutica, algunas se auxilian en modelos tradicionales y con poca evidencia científica, pero de cuantioso prestigio internacional por los resultados clínicos significativos mostrados.

Por consiguiente, se identifica a la neurorrehabilitación actual y a la terapia robótica como un proceso de participación activa y de interacción dinámica entre la persona con déficit neurológico y el terapeuta, con el fin del establecimiento de metas funcionales para el logro de los objetivos trazados, donde se mantengan los aspectos emocionales de la motivación. El reconocimiento de la cognición como elemento importante dentro del proceso de recuperación destacará los aspectos nuevos e importantes del estudio.

Una de las limitaciones de la actual investigación radica en la necesidad de disponibilidad de equipos adecuados para la realización de los tratamientos e implementación de procedimientos, que contribuyan a la educación y al mejoramiento físico de los pacientes.

La investigación supera las contribuciones de Abdullah *et al.* (2011); Domínguez *et al.* (2005) y García y Arana (2013), en tanto permitió realizar la cinesiterapia [también kinesioterapia, kinesiterapia] en la extremidad superior, específicamente en el hombro, con movimientos controlados, repetitivos y precisos, lo que propició un entrenamiento más intensivo. Todo lo cual posibilitó una rehabilitación más rápida, de mayor calidad y con menos complicaciones. Además, desarrolló la implementación de un instrumento de evaluación y tratamiento para sujetos diagnosticados con omalgia.

El estudio realizado defiende que la neurorrehabilitación no solo es una opción considerable en la recuperación motora de los miembros superiores; sino una combinación de variantes terapéuticas, que ofrece el efecto buscado por los especialistas de la salud para el mejoramiento de la calidad de vida de sus pacientes con discapacidad.

Se sugiere en futuras investigaciones el abordaje del componente pedagógico dentro del proceso de neurorehabilitación, como problemática existente.

Conclusiones

Una plataforma robótica para el proceso de neurorrehabilitación del paciente sobreviviente al ictus se concibió por primera vez en el sistema de salud cubano.

La utilización de la plataforma robótica permitió la realización de la cinesiterapia en la extremidad superior, específicamente en el hombro, con movimientos controlados, repetitivos y

precisos, lo que propició un entrenamiento más intensivo, y, por consiguiente, una rehabilitación más rápida, de mayor calidad y con menos complicaciones.

El desarrollo de un instrumento de evaluación y tratamiento para sujetos diagnosticados con omalgia sustentado en la terapia robótica contribuyó a que disminuyera la carga física del fisioterapeuta, así como el riesgo de lesiones inducidas en el paciente.

La calidad de la atención médica de los diagnosticados con omalgia posictus mejoró, por lo que se logró aumentar la calidad de vida y satisfacción de los pacientes.

Referencias bibliográficas

- Abdullah, A., Tarry, C., Lambert, C., Barreca S., & Allen Brian, O. (2011). Results of Clinicians Using a Therapeutic Robotic System in an Inpatient Stroke Rehabilitation Unit. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8(1), 1-12.
https://www.researchgate.net/publication/51599151_Results_of_Clinicians_Using_a_Therapeutic_Robotic_System_in_an_Inpatient_Stroke_Rehabilitation_Unit/link/00b7d528e2cf3ace51000000/download
- Domínguez, L. G., Arellano, J. G., y Villasana, O. A. (2005). Hombro doloroso y disfuncional en hemiplejía: efectos de la estimulación eléctrica funcional múltiple. *Acta Médica Grupo Ángeles*. 3(4), 221-227.
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=4563>
- Frómeta, R. (2013). *Hombro doloroso hemipléjico como secuela de Enfermedad Cerebrovascular* [Trabajo para optar por el título de Especialista en Medicina Física y Rehabilitación]. Facultad de Medicina. Santiago de Cuba.
- García, O. A., y Arana, B. H. (2013). *Manejo Rehabilitativo del hombro doloroso*. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).
<https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/images/gpc-be/fisiatria/GPC-BE%2052%20Hombro%20doloroso.pdf>
- Gutiérrez, R., Suárez, P. A., Avilés, O. F., Vanegas, F., y Duque, J. (2007) *Exoesqueleto mecatrónico para rehabilitación motora*. Memorias del 8.º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Cusco, Perú.

- Lombillo, L. M., Martínez, S., Serra, Y., y Rodríguez, L. (2014). Complicaciones en pacientes hemipléjicos por ictus. *Revista Cubana de Medicina*, 53(2), 134-143.
- Sánchez, L. (2014). *Test y medidas para el examen fisioterapéutico en personas adultas con deficiencias neuromusculares para la funcionalidad en miembros superiores: una revisión de tema* [Trabajo de grado]. Universidad de la Sabana.
<https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/12699/Luisa%20Yiceth%20S%C3%A1nchez%20%28tesis%29...pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, M. (2012). *Exoesqueleto para la rehabilitación de miembros superiores*. [Tesis de Maestría]. Universidad de Oriente.