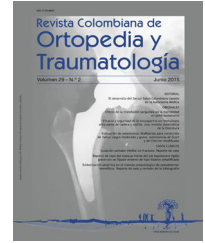




Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología

www.elsevier.es/rccot



ORIGINAL

Rehabilitación temprana de fracturas de radio distal con ortesis robóticas. Reporte de Casos



Gilberto Andrés Gil-Henao^{a,*}, Juan David Moreno-Arango^b,
José Fernando Gómez-Rendón^c, Jimena Becerra-Velasquez^d
y Maria Alejandra Gil-Guerrero^e

^a Cirugía Ortopédica de Mano y Miembro Superior, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia

^b Medicina General-Ingeniería Electrónica, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia

^c Medicina Física y Rehabilitación, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia

^d Fisioterapia, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia

^e Medicina General, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia

Recibido el 27 de febrero de 2019; aceptado el 3 de abril de 2021

Disponible en Internet el 13 de mayo de 2021

PALABRAS CLAVE

Fracturas de Radio;
Exoesqueleto;
Ortesis robótica

Resumen

Introducción: Los exoesqueletos robóticos son una nueva alternativa para complementar los procesos de rehabilitación funcional de la muñeca, facilitando la terapia de movilización pasiva temprana posterior a eventos traumáticos locales, con el propósito de mantener o restaurar el arco articular mientras cicatrizan los tejidos o consolidan las fracturas. El objetivo del estudio es presentar los resultados de la terapia de movilización temprana de forma pasiva mediante ortesis robóticas de muñeca.

Materiales y Métodos: Se seleccionaron cuatro pacientes con fracturas de radio distal, quienes fueron tratados quirúrgicamente con reducción abierta de la fractura más osteosíntesis con sistema de placa de bloqueo volar, fisioterapia convencional y movilización temprana con la órtesis robótica PRO-Wix; además, se hizo seguimiento clínico de la funcionalidad (escala DASH), del dolor (escala EVA), de los arcos de movilidad articular (goniómetro), de la adherencia y los potenciales eventos adversos.

Resultados: todos los pacientes se reintegraron a sus actividades de la vida diaria luego de tres semanas de rehabilitación, se registró recuperación del arco de movilidad articular, disminución de la intensidad del dolor, recuperación funcional, adecuada adherencia y no se presentaron eventos adversos.

* Autor para correspondencia. Carrera 23 # 63 – 09 Centro Médico de Especialistas Manizales-Colombia.
Correo electrónico: andresgilhenao@gmail.com (G.A. Gil-Henao).

Discusión: conservar al máximo la anatomía articular en la intervención quirúrgica especializada es la base para iniciar la rehabilitación temprana, y permitirá que el paciente tolere la movilización pasiva con órtesis robóticas.

Nivel de evidencia: IV

© 2021 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Radius Fractures;
Exoskeleton;
Robotic orthosis

Early rehabilitation of distal radius fractures with robotic orthosis. Case Report

Abstract

Background: Robotic exoskeletons are a new alternative to complement the functional rehabilitation processes of the wrist, facilitating early passive mobilization therapy after local traumatic events, with the purpose of maintaining or restoring joint range of motion while the tissues heal. The aim of the study is to present the results of early mobilization therapy in a passive robotic wrist orthosis.

Methods: Four patients with distal radius fractures were selected, treated surgically with open reduction and internal fixation of distal radius fracture with volar plate locking system. Conventional physiotherapy and early mobilization with the PRO-Wix robotic orthosis was performed. Clinical monitoring of functionality (DASH scale), pain (VAS scale), joint mobility arches (goniometer), adherence and potential adverse events were carried out.

Results: all patients returned to their daily living activities after three weeks of rehabilitation. Recovery of normal wrist joint range of motion was achieved; decreased in pain intensity, functional recovery, adequate adherence to rehabilitation protocol and adverse events were also recorded.

Discussion: preserving the joint anatomy as much as possible in specialized surgical intervention is the basis for starting early rehabilitation, and allowing the patient to tolerate passive mobilization with robotic orthoses. Further studies including a wide number of patients have to be conducted.

Evidence Level: IV

© 2021 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las fracturas de radio distal se producen principalmente por caídas con la mano extendida y la muñeca en dorsiflexión, la forma y severidad de la fractura se relaciona con la posición de la muñeca al momento de golpear el suelo¹. Estas fracturas son una causa frecuente de consulta en los servicios de urgencias, representan el 3% de todas las lesiones traumáticas de los miembros superiores, con una incidencia mayor a 640.000 casos nuevos al año solo en los Estados Unidos². Además, representan el 25% de fracturas en la población pediátrica, y el 18% de fracturas en adultos de edad avanzada, tienen una distribución bimodal de presentación, en adultos jóvenes por traumas de alta energía 1,4 veces mayor en hombres, y en personas de edad avanzada por traumas de baja energía 6,2 veces mayor en mujeres^{3,4}.

Se ha demostrado que la menor densidad ósea y el volumen cortical disminuido están implicados en la severidad del desplazamiento en las fracturas de radio distal⁵. Además, existe una tendencia creciente en la prevalencia de estas fracturas que obedece al incremento de las actividades deportivas en la población pediátrica, los deportes extremos

en la población joven, y el mayor número de personas activas de edad avanzada.

Las lesiones de mano y muñeca cuestan anualmente \$ 740 millones de dólares en Estados Unidos, siendo los costos de productividad el 56% de los costos totales. El tratamiento de las fracturas de radio distal en personas mayores de 60 años cuestan anualmente \$ 170 millones de dólares, de los cuales el 20% corresponden a gastos de rehabilitación⁶.

El manejo de las fracturas de radio distal puede ser complejo, debe decidirse de acuerdo con el tipo de fractura, la calidad del hueso, el grado de conminución, el riesgo de pérdida de reducción y la condición médica del paciente. El tratamiento conservador mediante reducción cerrada e inmovilización con férula de yeso se recomienda en fracturas estables cuando se logra una adecuada reducción sin evidencia de inestabilidad metafisaria, ya que las fracturas inestables a pesar de una reducción cerrada aceptable con frecuencia se desplazan y se acortan durante la tensión muscular en reposo, la contracción involuntaria ocasional y la movilización de los dedos. El tratamiento quirúrgico está indicado en fracturas inestables, las técnicas de placas de bloqueo volar y osteosíntesis mínimamente invasiva buscan

restaurar la anatomía del radio distal para obtener mejores resultados funcionales⁷⁻¹⁰.

Las complicaciones de las fracturas de radio distal son frecuentes y pueden ocurrir en el 21 - 27% de los casos con el tratamiento conservador o el quirúrgico. Las complicaciones más frecuentes son la pérdida de movimiento hasta el 31% y está relacionada con deformidad marcada, pérdida del arco de movilidad articular, artrofibrosis, isquemia de volkmann, contracturas y rigidez de los dedos; la malunion se reporta hasta el 5% y se relaciona con la alineación inadecuada de la fractura; la neuritis y/o compresión del nervio mediano hasta el 17%, el síndrome doloroso regional complejo hasta el 8%, la osteomielitis del 4 al 9%; las lesiones de tendones flexores o extensores relacionadas con el tratamiento quirúrgico hasta el 5%¹¹⁻¹².

La rehabilitación temprana está enfocada en controlar el dolor, disminuir la inflamación de los tejidos blandos, proporcionar apoyo a la fractura en curación, y restaurar la función¹³. La terapia física en el tratamiento conservador debe iniciarse a partir de la cuarta semana cuando la fractura está en proceso de consolidación, mientras que en el tratamiento quirúrgico se debe iniciar tempranamente puesto que la osteosíntesis es suficientemente estable para permitir la movilización articular¹⁴. Los protocolos de rehabilitación deben ser flexibles para adaptarse a cada paciente, las técnicas de movilización pasiva, la estimulación eléctrica, los cambios de temperatura, y los masajes deben iniciarse tan pronto como sea posible¹⁵.

Con el propósito de mejorar los resultados de la rehabilitación se han diseñado instrumentos de estiramiento mecánico para mantener el rango articular, e instrumentos de movimiento continuo pasivo para restaurar el movimiento articular^{16,17}. Los exoesqueletos robóticos son una nueva alternativa para complementar los procesos de rehabilitación funcional de la muñeca, facilitando la terapia de movilización pasiva temprana posterior a eventos traumáticos locales, con el propósito de mantener o restaurar el arco articular mientras cicatrizan los tejidos o consolidan las fracturas¹⁸.

Materiales y métodos

Se reportan cuatro pacientes con fracturas de radio distal, dos pacientes con fracturas tipo I y dos pacientes con fracturas intra-articulares tipo III, según clasificación de Fernández¹⁹. En todos los pacientes se utilizó para la rehabilitación la Órtesis Robótica de muñeca "PRO-Wix". El exoesqueleto cuenta con tres interfaces: órtesis-piel (protector de antebrazo y soporte de mano), órtesis pasiva (piezas articuladas de acero y acrílico), y actuadores (servomotores). El módulo de control electrónico permite al terapeuta graduar fácilmente el ángulo, el torque y el tiempo de giro del servomotor, para incrementar progresivamente el arco, la fuerza y la velocidad del movimiento articular según tolerancia del paciente.

Las intervenciones practicadas a todos los pacientes por el equipo interdisciplinario de salud especializado en mano (Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales - Colombia) comprendieron: 1) El médico cirujano ortopeda de mano realizó reducción abierta más osteosíntesis con placa de bloqueo volar y segui-

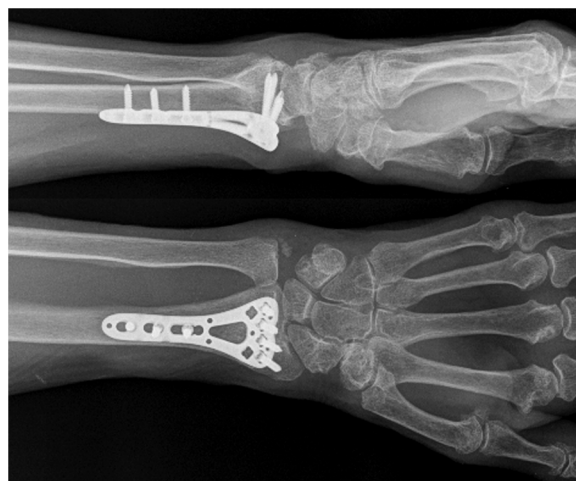


Figura 1 Radiografía primer paciente.

miento posquirúrgico. 2) El médico fisiatra indicó la terapia de movilización temprana y realizó evaluaciones periódicas de la funcionalidad, la intensidad del dolor, y los arcos de movilidad. 3) La fisioterapeuta especialista en Ortopedia y Traumatología aplicó el protocolo de rehabilitación convencional que estandarizó 10 sesiones de terapia física de 60 minutos de duración cada una. 4) Ingeniería biomédica supervisó la aplicación del protocolo de rehabilitación robótica que estandarizó 12 sesiones de terapia de movilización pasiva por órtesis robóticas de 45 minutos de duración cada una. Los instrumentos utilizados fueron: historia clínica, escala de discapacidades del brazo, hombro y mano (Disabilities of the arm, shoulder, and hand - DASH score), escala visual análoga del dolor (EVA) y goniómetro.

El presente estudio fue financiado por la Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales - Colombia, la fuente de financiamiento no desempeña ningún papel en el desarrollo de la investigación

Resultados

Primer caso clínico

Descripción Clínica: Paciente femenina de 83 años activa en oficios del hogar, quien presenta trauma en el hogar el 24 de julio de 2018 al caer de una escala, sufre fractura de radio distal intra-articular tipo III (Fernández) en muñeca derecha.

Intervención: Luego de 7 días del trauma se le practicó reducción abierta más osteosíntesis con placa de bloqueo volar (fig. 1), en control de ortopedia a los 15 días del posquirúrgico presenta limitación funcional total de mano y muñeca derecha, ocasionada por el dolor y el edema. Después de 17 días del posquirúrgico inició el proceso de rehabilitación, asistió a 10 sesiones de terapia física y a 12 sesiones de terapia de movilización pasiva con órtesis robótica (fig. 2).

Resultados: inicialmente se encontró una puntuación en la escala DASH de 55.3 y en la escala EVA de 3; después de 4 semanas de rehabilitación complementada por órtesis robótica, mejoró la funcionalidad según DASH a 5.83 y

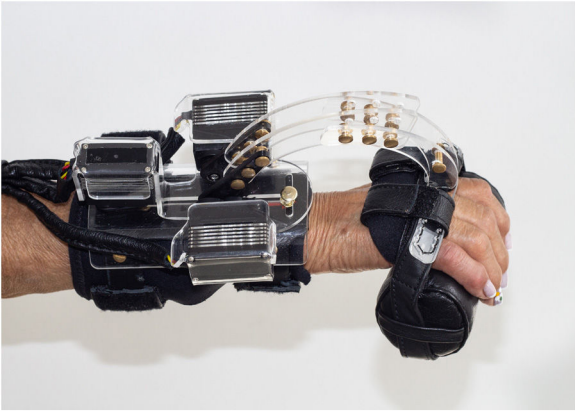


Figura 2 Rehabilitación con órtesis robótica primer paciente.

Tabla I Medición de escalas DASH y EVA en la primera paciente

VARIABLES (ESCALA)	Función (DASH)	Dolor (EVA)
Medición I (25/08/2018)	55.3	3
Medición II (06/10/2018)	5.83	0

disminuyó el dolor según EVA a 0. Además, mejoró los arcos de movilidad articular de la muñeca en extensión de 0 a 30 grados, en flexión de 30 a 45 grados, la desviación radial de 10 a 20 grados, y conservó la desviación ulnar en 15 grados. La paciente inició las actividades de la vida diaria luego de la tercera semana de rehabilitación, y no se reportaron eventos adversos durante la intervención. (Tabla I y II)

Segundo caso clínico

Descripción Clínica: Paciente femenina de 52 años empleada de oficios domésticos, quien presenta trauma en el hogar el 30 de julio de 2018 al caer de bipedestación, sufre fractura de radio distal intra-articular tipo III (Fernández) en muñeca izquierda.

Intervención: Luego de 8 días del trauma se le practicó reducción abierta más osteosíntesis con placa de bloqueo volar (fig. 3). En control de ortopedia a los 15 días del posquirúrgico presenta limitación funcional total de mano y muñeca izquierda, ocasionada por el dolor y el edema. Después de 21 días del posquirúrgico inició el proceso de



Figura 3 Radiografía segunda paciente.



Figura 4 Rehabilitación con órtesis robótica segunda paciente.

rehabilitación, asistió a 10 sesiones de terapia física y a 10 sesiones de terapia de movilización pasiva con órtesis robótica (fig. 4).

Resultados: inicialmente se encontró una puntuación en la escala DASH de 68.38 y en la escala EVA de 10; después de 4 semanas de rehabilitación complementada por órtesis robótica, mejoró la funcionalidad según DASH a 7.35 y disminuyó el dolor según EVA a 0. Además, mejoró los arcos

Tabla II Medición de arcos de movilidad en la muñeca derecha de la primera paciente

VARIABLES (ESCALA)	Extensión (grados)	Flexión (grados)	Desviación Radial (grados)	Desviación Ulnar (grados)
Medición I (25/08/2018)	0°	30°	10°	15°
Medición II (06/10/2018)	30°	45°	20°	15°

Tabla III Medición de escalas DASH y EVA en la segunda paciente

Variables (Escala)	Función (DASH)	Dolor (EVA)
Medición I (06/09/2018)	68.38	10
Medición II (13/10/2018)	7.35	0



Figura 5 Radiografía tercera paciente.

de movilidad articular de la muñeca en extensión de 10 a 50 grados, en flexión de 35 a 45 grados, la desviación radial de 15 a 30 grados, y la desviación ulnar de 15 a 20 grados. La paciente inició las actividades de la vida diaria luego de la tercera semana de rehabilitación, y no se reportaron eventos adversos durante la intervención. (Tabla III y IV)

Tercer caso clínico

Descripción Clínica: Paciente femenina de 56 años fabricante y comerciante de productos comestibles, quien presenta trauma en el hogar el 22 de octubre de 2018 al caer de un mueble con una altura de 50 cm, sufre fractura de radio distal tipo I (Fernández) en muñeca derecha.

Intervención: Luego de 3 días del trauma se le practicó reducción abierta más osteosíntesis con placa de bloqueo volar (fig. 5). En control de ortopedia a los 15 días del posquirúrgico presenta limitación funcional total de mano y muñeca derecha, ocasionada por el dolor y el edema.

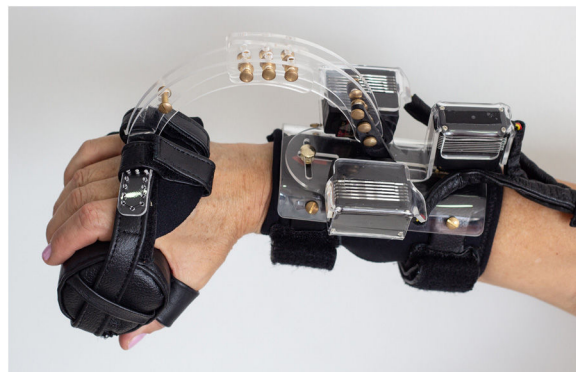


Figura 6 Rehabilitación con órtesis robótica tercera paciente.

Tabla V Medición de escalas DASH y EVA en la tercera paciente

Variables (Escala)	Función (DASH)	Dolor (EVA)
Medición I (19/11/2018)	85.83	9
Medición II (21/12/2018)	16.91	3

Después de 21 días del posquirúrgico inició el proceso de rehabilitación, asistió a 10 sesiones de terapia física y a 11 sesiones de terapia de movilización pasiva con órtesis robótica (fig. 6).

Resultados: inicialmente se encontró una puntuación en la escala DASH de 85.83 y en la escala EVA de 9; después de 4 semanas de rehabilitación complementada por órtesis robótica, mejoró la funcionalidad según DASH a 16.91 y disminuyó el dolor según EVA a 3. Además, mejoró los arcos de movilidad articular de la muñeca en extensión de 25 a 75 grados, en flexión de 30 a 60 grados, la desviación radial de 10 a 30 grados, y la desviación ulnar de 10 a 15 grados. La paciente inició las actividades de la vida diaria luego de la tercera semana de rehabilitación, y no se reportaron eventos adversos durante la intervención. (Tabla V y VI)

Cuarto caso clínico

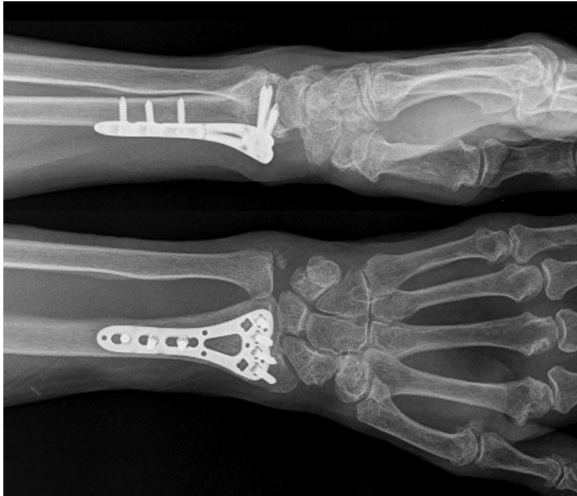
Descripción Clínica: Paciente femenina de 83 años activa en oficios del hogar, quien presenta trauma el 14 de octubre de 2018 al caer de bipedestación en un camino de área rural;

Tabla IV Medición de arcos de movilidad en la muñeca izquierda de la segunda paciente

Variables (Escala)	Extensión (grados)	Flexión (grados)	Desviación Radial (grados)	Desviación Ulnar (grados)
Medición I (06/09/2018)	10°	35°	10°	15°
Medición II (13/10/2018)	50°	45°	30°	20°

Tabla VI Medición de arcos de movilidad en la muñeca derecha de la tercera paciente

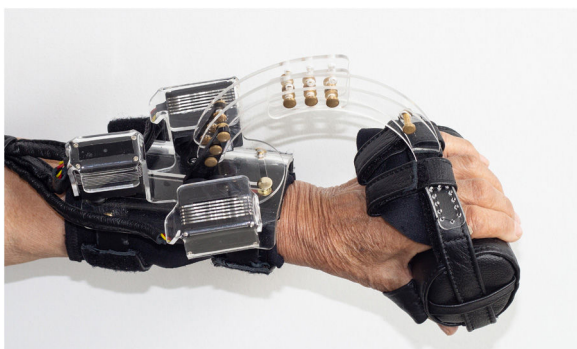
VARIABLES (Escala)	Extensión (grados)	Flexión (grados)	Desviación Radial (grados)	Desviación Ulnar (grados)
Medición I (19/11/2018)	25°	30°	10°	10°
Medición II (21/12/2018)	75°	60°	30°	15°

**Figura 7** Radiografía cuarta paciente.

sufre fractura de radio distal tipo I (Fernández) en muñeca izquierda.

Intervención: Luego de 10 días del trauma se le practicó reducción abierta más osteosíntesis con placa de bloqueo volar (fig. 7). En control de ortopedia a los 21 días del posquirúrgico presenta limitación funcional total de mano y muñeca derecha, ocasionada por el dolor y el edema. Después de 27 días del posquirúrgico inició el proceso de rehabilitación, asistió a 10 sesiones de terapia física y a 10 sesiones de terapia de movilización pasiva con órtesis robótica (fig. 8).

Resultados: inicialmente se encontró una puntuación en la escala DASH de 75.83 y en la escala EVA de 8; después de 4 semanas de rehabilitación complementada por órtesis

**Figura 8** Rehabilitación con órtesis robótica cuarta paciente.**Tabla VII** Medición de escalas DASH y EVA en la cuarta paciente

VARIABLES (Escala)	Función (DASH)	Dolor (EVA)
Medición I (26/11/2018)	75.83	8
Medición II (20/12/2018)	2.50	0

robótica, mejoró la funcionalidad según DASH a 2.50 y disminuyó el dolor según EVA a 0. Además, mejoró los arcos de movilidad articular de la muñeca en extensión de 15 a 30 grados, en flexión de 30 a 50 grados, la desviación radial de 10 a 15 grados, y la desviación ulnar de 10 a 15 grados. La paciente inició las actividades de la vida diaria luego de la tercera semana de rehabilitación, y no se reportaron eventos adversos durante la intervención. (Tabla VII y VIII)

Discusion

La técnica quirúrgica en el tratamiento de las fracturas de radio distal por ortopedista especializado en cirugía de mano, busca conservar al máximo la alineación anatómica de la fractura para prevenir la artrosis postraumática, y así mismo favorecer el inicio temprano de la rehabilitación. Cuando se logra una reducción de la fractura y una posición del material de osteosíntesis adecuadas, La movilización pasiva temprana mediante órtesis robóticas es bien tolerada por los pacientes.

Del reporte de estos casos clínicos se puede concluir lo siguiente

- 1) El manejo quirúrgico de las fracturas de radio distal realizado por cirujano ortopedista de mano es la base para garantizar una mejor recuperación funcional, ya que la técnica quirúrgica intenta una adecuada alineación de la fractura con mínima intervención en los tejidos blandos, y busca conservar hasta donde sea posible la movilidad articular.
- 2) La terapia de rehabilitación temprana indicada por fisioterapia y realizada por fisioterapeuta especializada en ortopedia y traumatología, es viable en posquirúrgicos de fracturas de radio distal con la técnica quirúrgica que utiliza placas de bloqueo volar, ya que se evidencia reducción significativa del dolor y mejores

Tabla VIII Medición de arcos de movilidad en la muñeca izquierda de la cuarta paciente

Variables (Escala)	Extensión (grados)	Flexión (grados)	Desviación Radial (grados)	Desviación Ulnar (grados)
Medición I (26/11/2018)	15°	30°	10°	10°
Medición II (20/12/2018)	30°	50°	15°	15°

resultados funcionales en las primeras tres semanas de rehabilitación.

- 3) La órtesis robótica PRO-Wix facilita la movilización pasiva temprana de la muñeca en los pacientes posquirúrgicos de fracturas de radio distal, los movimientos programados del exoesqueleto realizan desplazamientos de la articulación en flexión, extensión, desviación radial y desviación ulnar, hasta el límite articular tolerado por el paciente.
- 4) El control electrónico del ángulo, torque y tiempo de movimiento de los servomotores del exoesqueleto, permite una ganancia progresiva de los arcos de movimiento articular de la muñeca, complementando eficazmente el proceso de rehabilitación funcional.
- 5) Todos los pacientes del estudio se reintegraron a sus actividades de la vida diaria luego de las primeras tres (3) semanas de intervención. Además, al final del proceso de rehabilitación ya se encontraban desempeñando la mayoría de actividades que realizaban previas a la fractura, exceptuando las actividades que implican aplicar fuerza intensa.
- 6) Se observa una adherencia alta en la asistencia a las terapias convencionales y robóticas durante el proceso de rehabilitación.
- 7) No se presentaron eventos adversos durante las terapias físicas, ni durante las terapias de movilización pasiva con órtesis robóticas.

Fuente de Financiación

El presente estudio fue financiado por la Fundación F-CIBER-M317, la fuente de financiamiento no desempeño ningún papel en el desarrollo de la investigación.

Declaración de Conflicto de Intereses

Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses en este estudio.

Agradecimientos

Gracias a las instituciones de salud en Manizales: Movimedic, Clínica Versalles, Clínica de la Presentación, y Medical Imagine, por su colaboración durante el desarrollo del estudio.

Bibliografía

1. Havemann D, Busse FW. Accident mechanisms and classifications in distal radius fractures. *Langenbecks Arch Chir Suppl II Verh Dtsch Ges Chir.* 1990;639–42.
2. Wolfe SW. Chapter 15 – Distal Radius Fractures. *Green's Operative Hand Surgery.* 2017;2–VolumeSet, 7th Edition.
3. Nellans KW, Kowalski E, Chung KC. The Epidemiology of Distal Radius Fractures. *Hand Clinics.* 2012;28:113–25.
4. Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg [Am].* 2001;26:908–15.
5. Liporace FA, Adams MR, Capo JT. Distal Radius Fractures. *MD J Orthop Trauma.* 2009;23:739–48.
6. de Putter CE, Selles RW, Polinder S, et al. Economic impact of hand and wrist injuries: health-care costs and productivity costs in a population-based study. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94:e56, <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.K.00561>.
7. Cherubino P, Bini A, Marcolli D. Management of distal radius fractures: Treatment protocol and functional results. *International Journal of the Care of the Injury.* 2010;41:1120–6.
8. Albaladejo F, Mora G, Chavarria-Herrera J, Sánchez-Garre. Fracturas de la extremidad distal del radio Enfoque actualizado. *Revista de Fisioterapia.* 2004;26:78–97.
9. Zenke Y, Sakai A, Oshige T, Moritani S, Fuse Y, Maehara T, Nakamura T. Clinical Results of Volar Locking Plate for Distal Radius Fractures: Conventional versus Minimally Invasive Plate Osteosynthesis. *Orthop Trauma.* 2011;25:425–31, <http://dx.doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182008c83>.
10. Chen AC, Chou YC, Cheng CY. Distal radius fractures: Minimally invasive plate osteosynthesis with dorsal bicolumnar locking plates fixation. *Indian J Orthop.* 2017;51:93–8, <http://dx.doi.org/10.4103/0019-5413.197555>.
11. McKay SD, MacDermid JC, Roth JH, Richards RS. Assessment of Complications of Distal Radius Fractures and Development of a Complication Checklist. *J Hand Surg Am.* 2001;26:916–22, <http://dx.doi.org/10.1053/jhsu.2001.26662>.
12. Mathews AL, Chung KC. Management of Complications of Distal Radius Fractures Hand Clinic. *Hand Clin.* 2015;31:205–15, <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2014.12.002>.
13. Gil-Henao A, Moreno-Arango JD, Gómez-Rendón JF, Becerra-Velasquez J, Orozco-Tellez CH. Rehabilitación temprana de fracturas de mano con órtesis robóticas. *Rev Col Or Trau.* 2018;32:184–90, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rccot.2017.11.004>.
14. Magnus CR, Arnold CM, Johnston G, Dal-Bello Haas V, Basran J, Krentz JR, Farthing JP. Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013;94:1247–55, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2013.03.005>.
15. Souza da Luz L 1, Maissonave Raffone A, Kaempff de Oliveira R, Delgado Serrano PJ. Evaluación de la fisioterapia precoz en las fracturas de la extremidad distal del radio tratadas mediante

- placa volar de ángulo fijo. *Trauma Fund MAPFRE*. 2008;20(n1), 00-00.
16. Hayes, Inc. Medical Technology Directory. Continuous Passive Motion (CPM) Following the Micro fracture Procedure. Hayes Inc.: Lansdale, PA: June 14, 2011a.
 17. Hayes, Inc. Medical Technology Directory. Mechanical Stretching Devices for the Treatment of Joint Contractures of the Extremities. Hayes Inc.: Lansdale, PA: August 8, 2011b.
 18. Moreno Juan A, Moreno Julian A. Robots para rehabilitación y asistencia de mano y muñeca. IX Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad (Iberdiscap). 2017:250-7.
 19. Fernandez DL. Fractures of the distal radius: operative treatment. *Instr Course Lect*. 1993;42:73-88.