

ARTÍCULO ORIGINAL

# Rehabilitación de fracturas del radio distal con órtesis robóticas

## *Rehabilitation of distal radius fractures with robotic orthosis*

● José Fernando Gómez-Rendón<sup>1</sup>, ● Juan David Moreno-Arango<sup>2</sup>, ● Gilberto Andrés Gil-Henao<sup>3</sup>, ● Jimena Becerra-Velásquez<sup>4</sup>, ● María Alejandra Gil-Guerrero<sup>5</sup>

### RESUMEN

**Introducción.** El presente estudio es una serie de casos clínicos que describe los resultados de un tratamiento de fracturas del radio distal realizado en Manizales, Colombia, por el grupo de investigación F-CIBER-HAND y que integra el manejo quirúrgico de la fractura, la rehabilitación convencional y la rehabilitación con órtesis robóticas.

**Objetivo.** Generar evidencia clínica (nivel III) sobre las ventajas de la movilización pasiva temprana con órtesis robóticas en la rehabilitación de pacientes posquirúrgicos de fracturas del radio distal.

**Materiales y métodos.** Se seleccionaron 10 pacientes con fracturas del radio distal que presentaron limitación funcional de la muñeca después de dos semanas del posoperatorio; a los sujetos se les practicó terapia física y movilización pasiva con órtesis robótica PRO-Wix.

**Resultados.** Los pacientes presentaron mejoría funcional de la muñeca según el cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand score, disminución de la intensidad del dolor según la escala visual analógica y recuperación del arco de movilidad articular según goniometría. Además, luego de tres semanas de rehabilitación retornaron a las actividades que realizaban antes de la fractura.

**Discusión.** Es necesario realizar nuevos ensayos clínicos aleatorizados para poder determinar las ventajas de la movilización temprana con órtesis robóticas frente a la implementación exclusiva de la terapia convencional.

**Conclusiones.** La movilización pasiva con órtesis robóticas complementa eficazmente la terapia física en pacientes posquirúrgicos de fracturas del radio distal y favorece la disminución del dolor, la recuperación del arco de movilidad articular y la funcionalidad.

**Palabras clave.** Fracturas del Radio; Dispositivo Exoesqueleto; Robótica; Escala Visual Analógica (DeCS).

DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v29n2a2>

### ABSTRACT

**Introduction.** The present case series study describes the results in the treatment of distal radius fractures, carried out by the F-CIBER-HAND research group in Manizales - Colombia; integrates the surgical management of the fracture, conventional rehabilitation and robotic orthosis rehabilitation.

**Objective.** The purpose of the study is to generate clinical evidence (level III) to the advantages of early passive mobilization with robotic orthosis in the rehabilitation of postoperative patients with distal radius fractures.

### Autores:

<sup>1</sup>Médico fisiatra. Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia.

<sup>2</sup>Médico general e Ingeniero electrónico. Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia.

<sup>3</sup>Médico ortopedista y cirujano de mano y miembro superior. Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia.

<sup>4</sup>Fisioterapeuta especialista en intervención terapéutica en ortopedia y traumatología. Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia.

<sup>5</sup>Estudiante de medicina. Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica, Manizales, Colombia.

### Correspondencia:

José Fernando Gómez-Rendón.  
[gomezjfd@gmail.com](mailto:gomezjfd@gmail.com)

Recibido:  
18.11.19

Aceptado:  
04.01.20

### Citación:

Gómez-Rendón JF, Moreno-Arango JD, Gil-Henao GA, Becerra-Velásquez J, Gil-Guerrero MA. Rehabilitación de fracturas del radio distal con órtesis robóticas. Rev Col Med Fis Rehab. 2019;29(2):83-92.

### Conflictos de interés:

Ninguno declarado por los autores.



**Materials and methods.** Ten (10) patients with distal radius fractures who presented wrist functional limitation after two (2) weeks postoperatively were selected, they underwent physical therapy and passive mobilization with the PRO-Wix robotic orthosis.

**Results.** All patients had functional improvement of the wrist according to the DASH score, decreased pain intensity according to VAS, and recovery the joint mobility arch according to goniometry; In addition, after three weeks of rehabilitation they returned to the activities of daily life that they performed before to the fracture.

**Discussion.** Randomized clinical trials are required to determine the advantages of early mobilization with robotic orthosis versus conventional therapy exclusively.

**Conclusions.** Passive mobilization with robotic orthosis is an effective complement of physical therapy in postsurgical patients of radius distal fractures; it favors pain reduction, recovery the articular mobility arches and the functionality improvement.

**Keywords.** Radius Fractures; Exoskeleton Device; Robotics; Visual Analog Scale (MeSH).

DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v29n2a2>



## INTRODUCCIÓN

Las fracturas del radio distal representan el 3% de las lesiones traumáticas de los miembros superiores<sup>1</sup> y su principal causa son las caídas con la mano extendida y la muñeca en dorsiflexión<sup>2</sup>. Estas lesiones también representan el 25% de las fracturas en la población pediátrica y el 18% en adultos de edad avanzada, y tienen una distribución bimodal de presentación: en adultos jóvenes se dan 1,4 veces más en hombres por traumas de alta energía y en personas de edad avanzada se dan 6,2 veces más en mujeres posmenopáusicas por traumas de baja energía<sup>1,3</sup>. Además, existe una tendencia creciente en la prevalencia de estas fracturas debido al incremento en la práctica de actividades deportivas en población pediátrica, de deportes extremos en población joven y del número de personas activas de edad avanzada<sup>3,4</sup>.

Existen múltiples clasificaciones de las fracturas del radio distal: según el mecanismo, el patrón de fractura, la conminución y la extensión intra-articular<sup>5,6</sup>. La clasificación de la fractura más utilizada es la basada en el mecanismo de la lesión propuesta por Fernández<sup>7</sup> en 1993, la cual propone cinco tipos de fractura que integran el componente óseo del radio y las lesiones de los ligamentos, las fracturas de huesos del carpo y el daño de los tejidos blandos.

El tratamiento conservador se recomienda en fracturas sin desplazamiento, mientras que

la reducción cerrada con férula o yeso se prefiere en fracturas estables, cuando se consiguen los objetivos de la reducción y cuando no hay evidencia de inestabilidad metafisaria; sin embargo, los resultados de un tratamiento conservador no son consistentemente satisfactorios en personas mayores con huesos debilitados por osteoporosis. La inmovilización mediante yeso debe mantenerse al menos durante seis semanas para evitar la pérdida de la reducción de la fractura; asimismo, es importante realizar rayos X durante las tres semanas siguientes a la lesión y en caso de evidenciar pérdida de reducción se indica la cirugía<sup>1,5,8</sup>.

El tratamiento quirúrgico se recomienda en pacientes politraumatizados y en fracturas inestables, abiertas, con desplazamiento articular del carpo y que no tienen una buena reducción de manera cerrada. Mediante esta metodología, la reducción puede ser cerrada, abierta o artroscópica y la estabilización se puede realizar mediante fijación interna utilizando clavos, tornillos y placas que se insertan mediante cirugía abierta. Un abordaje menos invasivo implica la inserción percutánea de clavos y tornillos junto con un refuerzo o yeso externo; sin embargo, este método requiere inmovilización durante todo el tratamiento y no permite la movilización temprana de la muñeca. Las técnicas mínimamente invasivas con clavo de bloqueo intramedular o placa de bloqueo volar permiten la movilización temprana recomendada inmediatamente después de la cirugía<sup>5,8-11</sup>.

Las complicaciones de las fracturas del radio distal son frecuentes (21-27%), pueden ocurrir tanto con el tratamiento conservador como con el quirúrgico y tienen diversas causas: la pérdida de movimiento está asociada a deformidad marcada, decremento de los arcos de movilidad articular, artrofibrosis, isquemia de Volkmann, contracturas y rigidez en los dedos; la mal unión y la unión retardada ocurren cuando la fractura sana con alineación inadecuada, incongruencia articular, longitud incorrecta o la combinación de todas las anteriores; la neuritis, la compresión del nervio y el síndrome doloroso regional complejo se relacionan con una alta severidad en la fractura; las tenosinovitis, laceraciones y rupturas tendinosas dependen del tratamiento quirúrgico, y las infecciones de tejidos blandos y osteomielitis se asocian a fracturas abiertas o al material de osteosíntesis. Complicaciones menos frecuentes implican cicatrización queloide, artritis, artrosis, entre otras<sup>12-13</sup>.

Las fracturas del radio distal pueden ocasionar secuelas asociadas al periodo de inmovilización, tales como dolor, edema, deformación e impotencia funcional de la muñeca; en el pasado la fisioterapia estaba enfocada a la recuperación de estas afectaciones, pero actualmente no se espera a que el paciente las sufra para tratarlas, sino que inmediatamente después del procedimiento se da inicio a la terapia de rehabilitación, lo que permite una rápida recuperación funcional.

Existe una amplia gama de intervenciones terapéuticas para las fracturas del radio distal, entre estas educación, asesoramiento, ejercicios domiciliarios, ejercicios pasivos y/o activos supervisados, técnicas de tejidos blandos (masaje), técnicas de terapia manual (movilización articular) y uso de algunos agentes físicos como termoterapia superficial (compresas húmedo calientes), electroterapia (TENS), ultrasonido e hidroterapia. Aunque existe una gran variedad de protocolos, en general hay una etapa inicial de tres sesiones por semana con terapeuta, en la cual se recupera la mayor movilidad posible, seguido de una etapa de fortalecimiento que puede requerir entre seis y 16 semanas<sup>14-16</sup>.

Con el objeto de mantener o restaurar el rango de movimiento articular, se han diseñado instrumentos para mejorar el proceso de rehabilitación, tales como los dispositivos de estiramiento mecánico y los de movimiento continuo pasivo, que buscan tener una movilización frecuente y consistente en condiciones controladas, tanto a nivel institucional como en el hogar<sup>17</sup>. En este sentido, los exoesqueletos robóticos son una nueva alternativa para complementar los procesos de rehabilitación funcional de la muñeca, pues facilitan la terapia de movilización pasiva temprana posterior a eventos traumáticos locales para mantener o restaurar el arco articular mientras cicatrizan los tejidos o se consolidan las fracturas<sup>18</sup>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio con 10 pacientes mayores de 18 años en posquirúrgico de fracturas de radio distal de diferente complejidad y severidad, quienes habían requerido manejo quirúrgico con reducción abierta más osteosíntesis y presentaron limitación de la función articular de la muñeca en el control médico posquirúrgico. La investigación se realizó en la ciudad de Manizales, Colombia, y tuvo una duración de 15 meses (entre junio de 2018 y octubre de 2019).

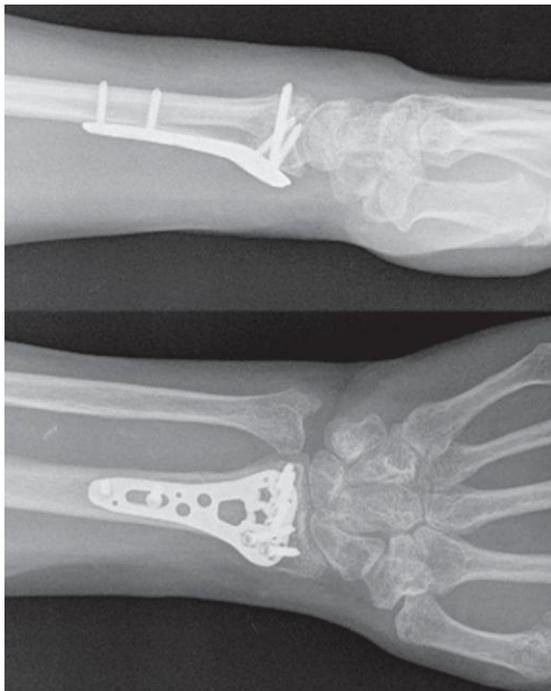
Las intervenciones fueron llevadas a cabo por el equipo interdisciplinario de salud especializado en mano de la Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica y se realizaron teniendo en cuenta el siguiente protocolo:

1. El médico ortopedista especialista en cirugía de mano realizó reducción abierta de la fractura más osteosíntesis con placa de bloqueo volar e hizo un seguimiento clínico de la evolución del paciente.
2. El médico fisiatra indicó el inicio de la rehabilitación y realizó valoraciones pe-

riódicas para describir las secuelas traumáticas, 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 con 10 sesiones de 60 minutos de terapia física tres veces por semana.
4. El ingeniero biomédico supervisó la terapia robótica, que se llevó a cabo en 12 sesiones de 30 minutos de movilización pasiva de la articulación de la muñeca tres veces por semana.
5. El protocolo de rehabilitación se consideró hasta por cuatro semanas.

Los instrumentos utilizados en las intervenciones fueron la órtesis robótica PRO-Wix, la historia clínica, el cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand score (DASH), la escala visual análoga del dolor (EVA) y un goniómetro.



**Figura 1.** Radiografía paciente 2. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.

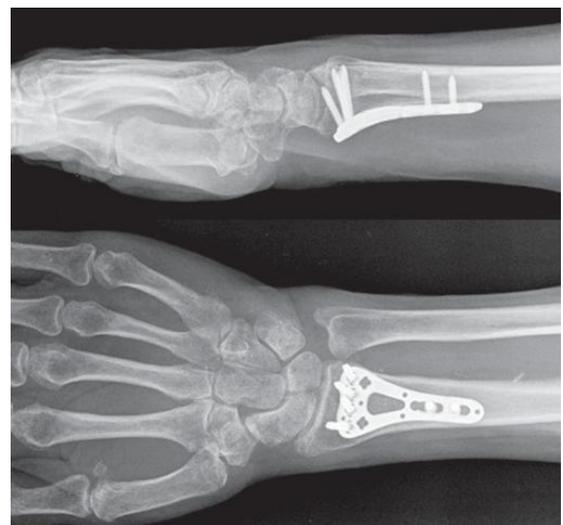
La órtesis utilizada para la movilización pasiva de la articulación de la muñeca tiene tres interfaces: órtesis-piel (protector de antebrazo y soporte de mano), órtesis pasiva (brazalete metálico y piezas de acrílico articuladas) y órtesis activa (servomotores). Además, el módulo de control electrónico del exoesqueleto permite al terapeuta graduar manualmente el ángulo, el torque y el tiempo de giro del servomotor para incrementar de manera progresiva el arco, la velocidad y la fuerza del movimiento articular según la tolerancia del paciente al dolor.

La presente investigación fue aprobada por el Comité de Bioética de la Universidad de Caldas, pues cumple con las normas nacionales e internacionales de buenas prácticas de investigación clínica.

## RESULTADOS

### *Sexo y edad*

En el estudio participaron 10 pacientes y todas fueron mujeres. Las edades de las participantes estuvieron entre los 48 y los 83 años; el 60% fueron menores de 65 años y el 40%, mayores de 65 años (Figura 1 y 2).



**Figura 2.** Radiografía paciente 3. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.

### Clasificación de las fracturas

El 70% de las fracturas ocurrieron en la muñeca derecha y el 30% en la muñeca izquierda. Según la clasificación de Fernández<sup>7</sup>, el 60% fueron de tipo III; el 30%, de tipo I, y el 10%, de tipo V (Tabla 1).

### Oportunidad en la cirugía

La intervención quirúrgica se practicó entre tres a 12 días después del trauma y solo el 60% fue operado en los primeros siete días luego del trauma (Figura 3).

### Oportunidad en el inicio de la rehabilitación

El 20% de los pacientes iniciaron la rehabilitación en la segunda semana del posquirúrgico, el 30% en la tercera semana y el 50% en la cuarta semana (Figura 4).

### Intervención por terapia física

El 20% de las pacientes solo requirió cinco sesiones de terapia física, mientras que el 80% recibió las 10 sesiones completas.

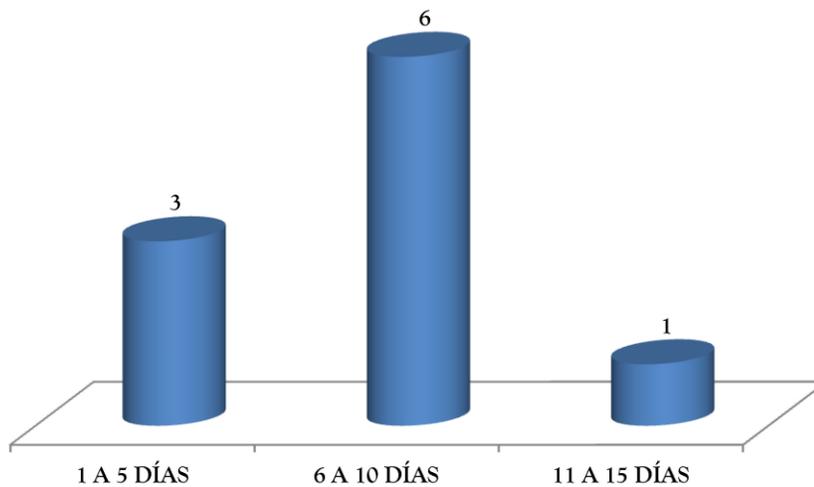


Figura 3. Oportunidad de la cirugía. Fuente: Elaboración propia.

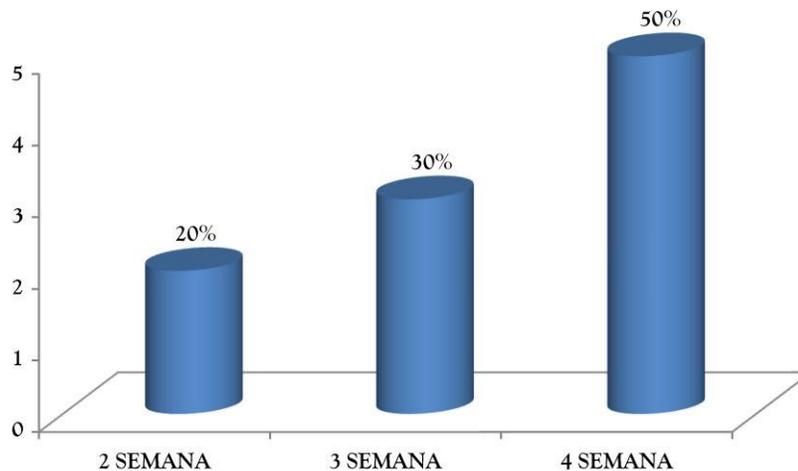


Figura 4. Oportunidad en iniciar la rehabilitación. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 1.** Clasificación de la fractura y evolución según el cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand score y la escala visual análoga del dolor.

N	Tipo de fractura	EVA inicial	EVA final	DASH inicial	DASH final
1	III	3	0	55,30	5,83
2	III	10	0	68,38	7,35
3	I	9	3	85,83	16,91
4	I	8	0	75,83	2,50
5	III	6	1	61,36	16,91
6	III	6	2	83,10	30,88
7	III	5	2	72,50	22,50
8	III	7	4	83,82	26,66
9	I	4	2	59,37	9,56
10	V	5	0	80,80	14,70

N: Número de paciente de acuerdo a la fecha de ingreso al estudio; DASH: cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand score; EVA: escala visual análoga del dolor.

Fuente. Elaboración propia.

### **Intervención con terapia robótica**

El 30% de la población de estudio requirió entre 5 y 8 sesiones de terapia con órtesis robótica; el 30%, entre 10 a 11 sesiones, y el 40%, las 12 sesiones completas. (Figura 5 y 6).

### **Medición variable dolor**

Todas las pacientes en posquirúrgico de fractura del radio distal presentaron disminu-

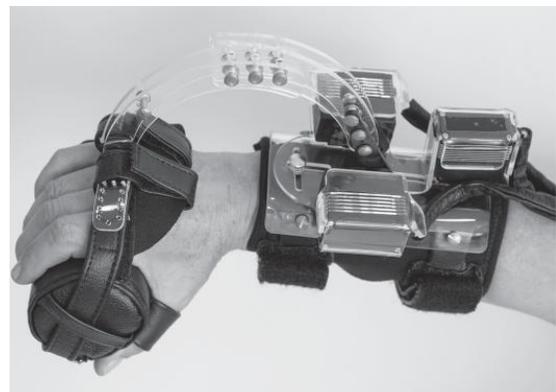
ción del dolor con la intervención practicada según la escala EVA. La mejoría fue del 76-100% en el 50% de las pacientes, del 51-75% en el 30% y del 26-50% en el 20% (Tabla 1, Figura 7).

### **Medición variable funcionalidad**

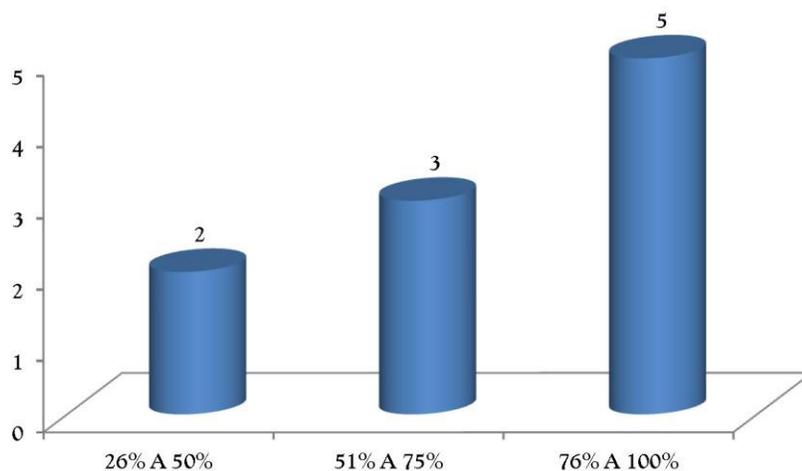
Todas las pacientes en posquirúrgico de fractura del radio distal presentaron mejoría importante de su funcionalidad según la escala DASH



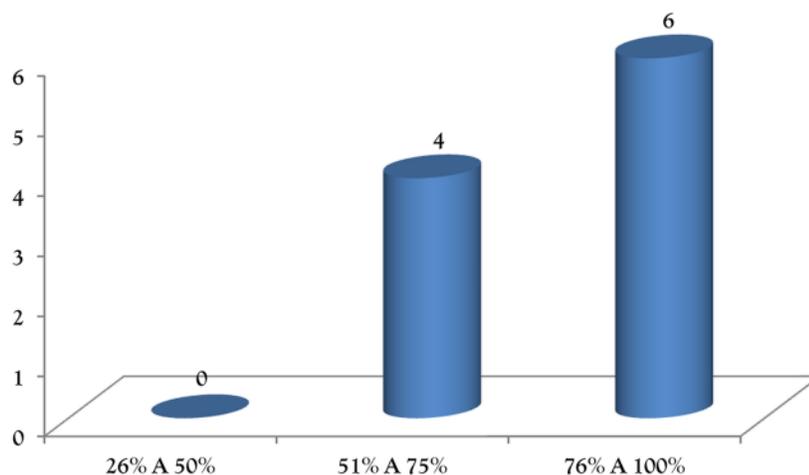
**Figura 5.** Rehabilitación con órtesis robótica paciente 2. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.



**Figura 6.** Rehabilitación con órtesis robótica paciente 3. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.



**Figura 7.** Disminución del dolor según la escala visual análoga. Fuente. Elaboración propia.



**Figura 8.** Mejoría de la funcionalidad según la escala Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand score. Fuente. Elaboración propia.

(Tabla 1). En el 60% la mejoría fue del 76-100% y en el 40% fue del 51-75% (Figura 8).

### **Medición variable arcos de movilidad**

Todas las pacientes en posquirúrgico de fractura de radio distal presentaron aumento del arco de movilidad en flexión, extensión, desviación radial y desviación ulnar de la muñeca (Tabla 2).

### **Adherencia**

El 80% de las pacientes asistieron cumplidamente a las sesiones programadas de terapia física y de rehabilitación robótica, y el 20% (N:7 y N:8) expresaron la intención de solo asistir a la mitad de las sesiones de terapia física y terapia robótica programadas por haber tenido excelentes resultados en la rehabilitación funcional rápidamente.

**Tabla 2.** Evolución de los arcos de movilidad articular de la muñeca según goniometría.

N	Flexión inicial	Flexión final	Extensión inicial	Extensión final	Desviación radial inicial	Desviación radial final	Desviación ulnar inicial	Desviación ulnar final
1	30°	45°	0°	30°	10°	20°	15°	15°
2	45°	50°	10°	45°	15°	30°	15°	20°
3	30°	60°	25°	75°	10°	15°	10°	30°
4	30°	50°	15°	30°	10°	15°	10°	15°
5	45°	60°	30°	70°	15°	20°	20°	30°
6	20°	50°	15°	40°	10°	30°	5°	20°
7	40°	50°	15°	45°	5°	20°	15°	45°
8	20°	75°	10°	60°	15°	20°	25°	45°
9	45°	60°	0°	60°	5°	15°	15°	20°
10	40°	60°	30°	45°	15°	15°	15°	30°

N: Número de paciente de acuerdo a la fecha de ingreso al estudio.

Fuente. Elaboración propia.

### Eventos adversos

No se presentaron eventos adversos durante las sesiones de terapias físicas ni de movilización pasiva con órtesis robóticas.

### DISCUSIÓN

Con el propósito de obtener mejores resultados funcionales, es necesario que las aseguradoras en salud optimicen sus procesos administrativos para mejorar los tiempos en la programación de las intervenciones quirúrgicas, al menos en los primeros siete días después del trauma, y en el inicio de la rehabilitación, al menos entre los 10 a 15 días del posquirúrgico.

Del mismo modo, es necesario llevar a cabo nuevos ensayos clínicos aleatorizados que generen evidencia clínica nivel I sobre el beneficio en la mejoría de la funcionalidad de la terapia de movilización temprana con órtesis robóticas como complemento de la terapia física.

### CONCLUSIONES

Solo el 60% de las pacientes fueron intervenidas quirúrgicamente en los primeros siete días posteriores al trauma y solo el 20% iniciaron la terapia de rehabilitación en la segunda semana del posquirúrgico, lo que evidencia demoras en los procesos de atención.

Dada la variedad en las lesiones que pueden presentar los pacientes con fractura del radio distal, se debe individualizar el número de sesiones de terapia física y robótica aplicadas de acuerdo al tipo de fractura, la complejidad del acto quirúrgico, la respuesta inflamatoria y el dolor en el posoperatorio.

Todas las pacientes en posquirúrgicos presentaron disminución del dolor, mejoría de la funcionalidad y recuperación del arco de movilidad articular, con lo cual se puede concluir que la terapia física con órtesis robótica en el tratamiento de fracturas de radio distal es efectiva.

El control electrónico durante la movilización pasiva de muñeca con órtesis robóticas

permite incrementar gradualmente la fuerza, la velocidad y el ángulo de movimiento en flexión y extensión, lo que favorece la tolerancia al dolor durante el proceso de rehabilitación.

## FINANCIACIÓN

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

## AGRADECIMIENTOS

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

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dr. Gilberto Andrés Gil Henao. Médico Ortopedista, especialista en cirugía de mano y miembro superior. Realizó la cirugía a los pacientes y los controles de seguimiento por ortopedia.

Dr. José Fernando Gómez Rendón. Médico Fisiatra. Realizó la medición de variables a los pacientes durante las valoraciones iniciales, de seguimiento y finales.

Dra. Jimena Becerra Velasquez. Fisioterapeuta. Realizó las sesiones de terapia física convencional a todos los pacientes del estudio.

Dr. Juan David Moreno. Médico General e Ingeniero Electrónico. Realizó el ingreso de pacientes, brindó el consentimiento informado, realizó las sesiones de terapia de rehabilitación robótica a todos los pacientes.

Dra. Alejandra Gil Guerrero. Estudiante de Medicina. Realizó la revisión bibliográfica, acompañamiento en la valoración de pacientes y soporte logístico durante el desarrollo del estudio.

## DERECHO A LA PRIVACIDAD Y CONSENTIMIENTO INFORMADO

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## REFERENCIAS

1. Wolfe, S Pederson W, Kozin SH, Cohen M. Distal Radius Fractures. En: Green's Operative Hand Surgery. Volumen II. 7th Edition. Elsevier; 2017.
2. Meena S, Sharma P, Sambharia AK, Dawar A. Fractures of Distal Radius: An Overview. *J Family Med Prim Care*. 2014;3(4):325-32.
3. Nellans KW, Kowalski E, Chung KC. The Epidemiology of Distal Radius Fractures. *Hand Clinics*. 2012;28(2):113-25. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2012.02.001>.
4. Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg Am*. 2001;26(5):908-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/jhsu.2001.26322>.
5. Handoll HH, Madhok R. Conservative interventions for treating distal radial fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, 2003;(2):CD000314. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000314>.
6. Muller ME, Nazarian S, Koch P, Schatzker J. The comprehensive classification of fractures of long bones. Berlin: Springer Verlag; 1990.
7. Fernández DL. Fractures of the distal radius: operative treatment. *Instr Course Lect*. 1993;42:73-88.
8. Liporace FA, Adams MR, Capo JT, Koval KJ. Distal Radius Fractures. *J Orthop Trauma*. 2009;23(10):739-48. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3181ba46d3>.
9. Cherubino P, Bini A, Marcolli D. Management of distal radius fractures: Treatment protocol and functional results. *Injury*. 2010;41(11):1120-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.09.016>.
10. Zenke Y, Sakai A, Oshige T, Moritani S, Fuse Y, Maehara T, et al. Clinical Results of Volar Locking Plate for Distal Radius Fractures: Conventional versus Minimally Invasive Plate Osteosynthesis. *J Orthop Trauma*. 2011;25(7):425-31. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3182008c83>.
11. Chen AC, Chou YC, Cheng CY. Distal radius fractures: Minimally invasive plate osteosynthesis with dorsal bicolumnar locking plates fixation. *Indian J Orthop*. 2017;51(1):93-8. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/0019-5413.197555>.
12. 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(5):916-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1053/jhsu.2001.26662>.
13. Mathews AL, Chung KC. Management of Complications of Distal Radius Fractures. *Hand Clinic*. 2015;31(2):205-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2014.12.002>.
14. Albaladejo-Mora F, Chavarria-Herrera G, Sánchez-Garre J. Fracturas de la extremidad distal del radio. Enfoque actualizado. *Fisioterapia*. 2004;26(2):78-97. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(04\)73087-4](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(04)73087-4).
15. Magnus CR, Arnold CM, Johnston G, Dal-Bello Haas V, Basran J, Krentz JR, et al. Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2013;94(7):1247-55. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.03.005>.
16. Souza-da Luz L, Raffone AM, Kaempf-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*. 2008;20(1):29-37.
17. UnitedHealthcare. *Mechanical Stretching Devices*, Oxford: UnitedHealthcare; 2019.
18. Moreno-Arango J, Moreno-Arango J. Robots para rehabilitación y asistencia de mano y muñeca. Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad Bogotá D.C.: Memorias de la novena versión; 2017. p. 250-257.