

ARTÍCULO ORIGINAL

Rehabilitación de fracturas de mano con ortesis robóticas

Rehabilitation of hand fractures with robotic orthosis

✉ José Fernando Gómez-Rendón¹, ✉ Juan David Moreno-Arango²,

✉ Gilberto Andrés Gil-Henao³, ✉ Jimena Becerra-Velásquez⁴,

✉ María Alejandra Gil-Guerrero⁵

Autores:

¹Médico fisiatra, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica en Manizales, Manizales, Colombia.

²Médico general e Ingeniero electrónico, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica en Manizales, Manizales, Colombia.

³Médico ortopedista cirujano de mano y miembro superior, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica en Manizales, Manizales, Colombia.

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

⁵Estudiante de medicina, Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica en Manizales, Manizales, Colombia.

Correspondencia:

José Fernando Gómez-Rendón
gomezjfd@gmail.com

Recibido:
26.3.19

Aceptado:
9.06.19

Citación:

Gómez-Rendón JF, Moreno-Arango JD, Gil-Henao GA, Becerra-Velásquez J, Gil-Guerrero MA. Rehabilitación de fracturas de mano con ortesis robóticas. Rev Col Med Fis Rehab. 2019;26(1):20-29.

Conflictos de interés:
Ninguno

RESUMEN

Introducción: el presente estudio corresponde a una serie de casos clínicos que describe los resultados del tratamiento de fracturas de mano realizado por el grupo de investigación F-CIBER-HAND en Manizales, Colombia; este tratamiento integra el manejo quirúrgico de la fractura, la rehabilitación convencional y la rehabilitación con ortesis robóticas.

Objetivo: generar evidencia clínica (nivel III) de que el manejo interdisciplinario especializado y el uso de ortesis robóticas disminuye la rigidez articular en los pacientes post-quirúrgicos de fracturas de la mano.

Materiales y métodos: se seleccionaron 10 pacientes con fracturas de mano que presentaron signos clínicos de rigidez articular después de dos semanas del post operatorio, se les practicó terapia física y movilización pasiva con la ortesis robótica PRO-Dix.

Resultados: todos los pacientes tuvieron mejoría funcional de la mano según escala DASH, disminución de la intensidad del dolor según escala visual análoga del dolor y recuperación del arco de movilidad articular según goniometría; además, retornaron a las actividades de la vida diaria que realizaban previas a la fractura.

Discusión: se requieren ensayos clínicos aleatorizados para determinar las ventajas del protocolo de rehabilitación que incluye ortesis robótica versus la terapia convencional exclusivamente.

Conclusiones: la movilización pasiva con ortesis robóticas complementa de forma eficaz la terapia física en pacientes post-quirúrgicos de fracturas de la mano, lo que favorece la recuperación de los arcos de movilidad articular y disminuye la rigidez articular.

Palabras clave: Fracturas de mano, Exoesqueleto, Ortesis robótica, Escala DASH, Escala visual análoga (EVA)

DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rcmfr.v29n1a2>



ABSTRACT

Introduction: The present study is a series of clinical cases that describes the results in the treatment of hand fractures, by the F-CIBER-HAND research group in Manizales - Colombia; integrates the surgical management of the fracture, conventional rehabilitation and robotic orthosis rehabilitation.

Materials and methods: Ten (10) patients with hand fractures were selected, who presented clinical signs of joint stiffness after two weeks postoperatively, they underwent physical therapy and passive mobilization with the PRO-Dix robotic orthosis.

Results: All patients had functional improvement of the hand according to the DASH score, decreased pain intensity according to VAS, and recovered joint mobility arch according to goniometry; In addition, 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 the rehabilitation protocol that includes robotic orthosis versus conventional therapy exclusively.

Conclusions: Passive mobilization with robotic orthosis is an effective complement of physical therapy in postsurgical patients of hand fractures; it helps in the recovery of articular mobility arches and decreasing joint stiffness. Level of evidence: The purpose of the study is to generate clinical evidence (level III) that specialized interdisciplinary management and the use of robotic orthosis reduce joint stiffness in post-surgical patients with hand fractures.

Keywords: Hand fractures, Exoskeleton, Robotic orthosis, DASH score, Visual analogue scale (VAS).



DOI: <http://dx.doi.org/10.28957/rmfrr.v29n1a2>

INTRODUCCIÓN

Las fracturas de la mano representan el 10% de las todas las fracturas; cerca del 70% se producen entre los 11 y los 45 años y son causadas principalmente por caídas, accidentes laborales, accidentes de tránsito y actos violentos¹. Tienen una incidencia de 13,6 por cada 100.000 personas al año² y ocupan el primer lugar de las lesiones traumáticas más costosas, ya que las pérdidas económicas asociadas a la falta de productividad son mayores que los costos directos de atención en salud³.

Las fracturas de las falanges y los metacarpianos pueden comprometer las articulaciones (intra articulares) o presentarse a lo largo de la diáfisis (extra articulares). Las fracturas intra articulares se ubican en la cabeza (unicondíleas o bicondíleas) o en la base y pueden ser sagitales o coroneales, mientras que las extra articulares pueden ser transversales, oblicuas o espiroideas. Las fracturas también pueden clasificarse como conminutas cuando hay múltiples fragmentos⁴.

La mayoría de las fracturas de mano son funcionalmente estables, ya sea antes o después de la reducción cerrada, y evolucionan de manera favorable con férulas de protección y movilización precoz. Sin embargo, en ciertos casos se requiere tratamiento quirúrgico, dependiendo de factores como la localización (intra o extra articular), la geometría (transversal, espiroidea, oblicua, conminuta), la deformidad (angulada o rotada) y el compromiso de tejidos blandos (abierta o cerrada); consideraciones

adicionales incluyen edad, ocupación, nivel socioeconómico y comorbilidades^{5,6}.

El tratamiento quirúrgico es complejo y está orientado a obtener la consolidación de la fractura, conseguir una apropiada reducción anatómica de la superficie articular, evitar angulaciones y rotaciones que originan déficit motor y prevenir las complicaciones del tratamiento conservador^{6,7}. Sin embargo, las fracturas de la mano no solo pueden complicarse por la ausencia de tratamiento, sino también por un tratamiento excesivo o incorrecto^{5,7}.

La rigidez articular es la complicación más frecuente, seguida por mala unión, artrosis post-traumática, pseudoartrosis, infección y síndromes dolorosos crónicos⁸⁻¹¹. Aunque el tratamiento no quirúrgico es apropiado en muchos casos, sus complicaciones pueden comprometer gravemente la función de la mano¹². En el tratamiento quirúrgico son más frecuentes las complicaciones como la infección y la no unión^{11,13,14}.

El éxito de la rehabilitación de las fracturas de mano implica mantener la estabilidad, estimular la remodelación de la cicatriz y favorecer la movilización precoz¹⁵. Asimismo, la movilización es esencial para apoyar la curación de los tejidos blandos, que a menudo es más problemática que la curación del hueso subyacente¹⁶. Con la terapia física se busca mantener la funcionalidad de la mano y prevenir complicaciones, tales como limitación en la movilidad, formación de adherencias y atrofia muscular¹⁷.

Para tratar o prevenir las contracturas se han utilizado técnicas de movilización articular o de ferulaje, sin que alguna sea superior a las otras^{18,19}, y para mantener o restaurar el rango de movimiento articular se han diseñado dispositivos de estiramiento mecánico y de movimiento continuo pasivo que permitan una movilización frecuente y consistente en condiciones controladas, tanto a nivel institucional como en el hogar^{20,21}.

Los “*wereables robots*” pueden tener aplicaciones en rehabilitación de la mano; estos consisten en exoesqueletos biónicos que pueden aplicar fuerzas en los dedos con el fin de obligarlos a realizar una trayectoria o para mejorar la fuerza que estos normalmente podrían aplicar. Los beneficios dependen de los grados de libertad que permite cada dispositivo^{22,23}.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en Manizales, Colombia, y tuvo una duración de dos años, iniciando en Noviembre de 2016 y finalizando en Octubre de 2018. El médico ortopedista especialista de cirugía de mano seleccionó 10 pacientes mayores de 18 años y, con fracturas de metacarpianos y/o falanges de diferente ubicación, complejidad y severidad, los cuales requirieron manejo quirúrgico con reducción abierta más osteosíntesis y presentaron signos clínicos de rigidez articular después de dos semanas del post operatorio.

Las intervenciones practicadas a los pacientes por el equipo interdisciplinario de salud especializado en mano (grupo de investigación F-CIBER-HAND) fueron las siguientes:

1. El médico ortopedista especialista en cirugía de mano realizó reducción abierta de la fractura más osteosíntesis de acuerdo a la clasificación de la fractura e hizo seguimiento clínico a la evolución del paciente.
2. El médico fisiatra indicó el inicio de la rehabilitación y realizó valoraciones periódicas

para describir las secuelas traumáticas, la funcionalidad, la intensidad del dolor y los arcos de movilidad.

3. La especialista en intervención fisioterapéutica en ortopedia y traumatología aplicó el protocolo de rehabilitación convencional con sesiones de terapia física de 60 minutos de duración cada una.
4. El ingeniero biomédico supervisó las sesiones de terapia con ortesis robóticas en los dedos con limitación funcional en el post-quirúrgico, con sesiones de movilización pasiva de la articulación metacarpofalángica de 30 minutos de duración cada una.
5. El protocolo de rehabilitación se consideró hasta las ocho semanas del post-quirúrgico o hasta evidenciar recuperación total de los arcos de movilidad articular.

Lo instrumentos utilizados fueron: la historia clínica, un goniómetro, las ortesis robóticas PRO-Dix, el cuestionario DASH (por su sigla en inglés para Disabilities of the arm, shoulder and hand score) y la escala visual análoga del dolor (EVA).

La movilización pasiva de las articulaciones metacarpofalángicas se realizó con la ortesis robótica PRO-Dix, la cual tiene tres interfaces: ortesis piel (guante de cuero y neopreno), ortesis pasiva (piezas de acrílico articuladas) y ortesis activa (servomotores). El controlador de los dispositivos biomédicos permite al terapeuta graduar de forma manual el ángulo, el torque y el tiempo de giro del servomotor, esto para incrementar progresivamente el arco, la velocidad y la fuerza del movimiento articular según la tolerancia del paciente.

El comité de bioética de la Universidad de Caldas aprobó la realización del presente estudio al cumplir con las normas nacionales e internacionales de buenas prácticas de investigación clínica.

RESULTADOS

Sexo y edad

En el presente estudio participaron cuatro mujeres y seis hombres, cuyas edades estaban entre los 19 y los 52 años. El 60% de los pacientes eran menores de 30 años.

Clasificación de las fracturas

El 60% de las fracturas ocurrieron en la mano derecha y el 40% en la mano izquierda; el 90% afectaron los metacarpianos y el 10%, las falanges; el 70% fueron únicas y el 30% múltiples (2 o más huesos); el 60% fueron extra articulares (diáfisis 50%, cuello 10%) y el 40%, intra articulares (cabeza 10%, base 10%, diáfisis y base 20%); finalmente, el 30% tuvo fracturas conminutas (Tabla 1).

Los pacientes fueron numerados de 1 a 10 según la fecha de ingreso al estudio; a continuación se muestran las radiografías post-quirúrgicas de los pacientes 2 y 5 (Figuras 1 y 2).

Oportunidad en la cirugía

La intervención quirúrgica se practicó entre 3 a 23 días después del trauma y solo el



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



Figura 2. Radiografía posquirúrgica del paciente 5. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.

Tabla 1. Clasificación del de la fractura.

N	Lado	Hueso fracturado	Ubicación anatómica	I-A	CON
1	Izquierdo	II metacarpiano	Diáfisis	No	No
2	Derecho	V metacarpiano	Cabeza	Sí	Sí
3	Izquierdo	IV metacarpiano	Base y diáfisis	Sí	No
4	Derecho	V metacarpiano	Diáfisis	No	No
5	Izquierdo	II metacarpiano	Cuel lo	No	No
6	Derecho	IV-V metacarpianos	Base y diáfisis	Sí	No
7	Derecho	II-III metacarpianos	Diáfisis	No	No
8	Derecho	IV metacarpiano	Diáfisis	No	Sí
9	Derecho	II-IV metacarpianos	Diáfisis	No	No
10	Izquierdo	V falange proximal	Base	Sí	Sí

N: número de paciente; I-A: intra articular; CON: conminución.

Fuente: Elaboración propia.

50% de los pacientes recibió manejo quirúrgico la primera semana luego del trauma (Figura 3). El 70% de los pacientes iniciaron la rehabilitación entre 15 a 21 días después de la cirugía (Figura 4).

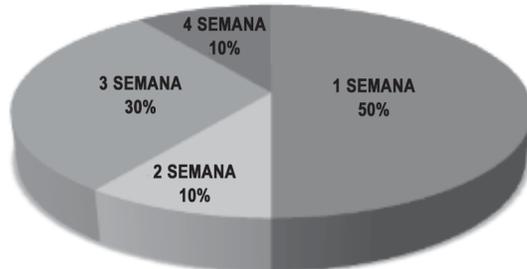


Figura 3. Oportunidad en la cirugía. Fuente: Elaboración propia.

Oportunidad en el inicio de la rehabilitación

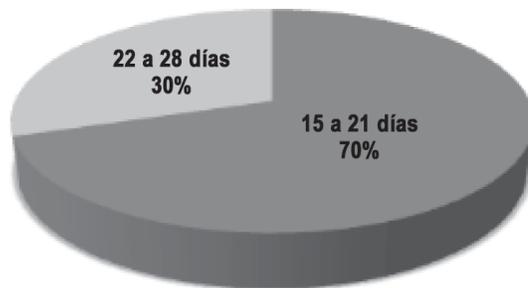


Figura 4. Oportunidad en el inicio de la rehabilitación. Fuente: Elaboración propia.

Intervención terapéutica

El 20% de los pacientes solo requirió siete sesiones de terapia física; estos correspondieron a pacientes con fracturas exclusivamente de la diáfisis del metacarpiano, mientras que el 80% requirió 10 sesiones y correspondieron, en su mayoría, a pacientes con fracturas complejas (cabeza, base, cuello, mixtas) o conminutas. En cuanto a terapia de rehabilitación con ortesis robóticas, el 30% solo requirió 5 sesiones y correspondieron a pacientes con fracturas exclusivamente de la diáfisis del metacarpiano con o sin conminución, el 20% requirió entre 6 y 10 sesiones y correspondieron a lesiones de la diáfisis exclusivamente, y el

50% requirió 12 sesiones y correspondieron a pacientes con fracturas complejas o conminutas.

A continuación, en las Figuras 5 y 6, se muestran las ortesis robóticas PRO-Dix utilizadas para el pacientes 2 y 5.

Medición variable dolor

Los pacientes con fractura de metacarpianos presentaron disminución del dolor; sin embargo, el paciente con fractura de falange proximal con compromiso intra articular y conminución toleró la rehabilitación pero no manifestó mejoría del dolor durante el proceso (Tabla 2).

El 30% de los pacientes indicaron mejoría del dolor en un 75-100% con respecto a la medición inicial de la escala EVA, mientras que el 50% indicaron mejoría del dolor en un 50-74% (Figura 7).



Figura 5. Rehabilitación con ortesis PRO-Dix en el paciente 2. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.



Figura 6. Rehabilitación con ortesis PRO-Dix en el paciente 5. Fuente: Documento obtenido durante la realización del estudio.

Tabla 2. Medición inicial y final de las variables dolor, funcionalidad y arcos de movilidad.

N	EVA INI	EVA FIN	DASH INI	DASH FIN	dedos con limitación funcional	Flexión INI	Flexión FIN
1	3	1	50,00	11,00	II	45º	90º
2	3	2	69,85	14,70	V	30º	45º
3	8	0	83,82	0,00	IV	60º	80º
4	4	1	59,16	12,50	V	75º	90º
5	4	1	50,00	11,66	II	45º	90º
6	5	2	54,84	11,00	IV	70º	90º
					V	45º	90º
7	2	1	69,85	14,70	II	60º	90º
					III	45º	85º
8	6	2	61,32	16,91	III	75º	85º
					IV	60º	75º
					V	65º	75º
9	8	4	87,50	33,82	II	50º	75º
					III	45º	70º
					IV	45º	80º
					V	60º	80º
10	5	5	72,50	52,94	IV	75º	90º
					V	45º	60º

N: Número de paciente; EVA: escala visual análoga; DASH: cuestionario Disabilities of the arm, shoulder and hand score; INI: medición inicial; FIN: medición final; FLEX: flexión.

Fuente: Elaboración propia.

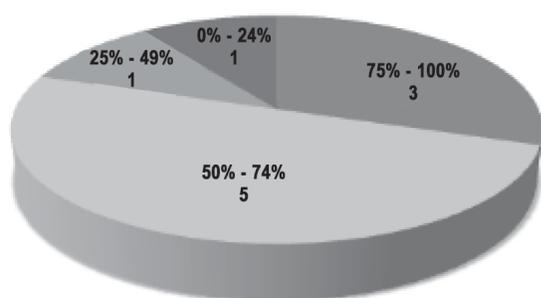


Figura 7. Porcentaje de disminución del dolor según (EVA). Fuente: Elaboración propia.

Medición variable funcionalidad

Los pacientes con fractura de metacarpianos presentaron mejoría importante de su funcio-

nalidad según el cuestionario DASH, sin embargo el paciente con fractura de falange proximal con compromiso intra articular y conminación presentó leve mejoría de la funcionalidad (Tabla 2).

El 60% de los pacientes tuvieron mejoría del 75-100% de la funcionalidad con respecto a la medición inicial según el cuestionario DASH, mientras que el 30% presentaron mejoría del 50-74% (Figura 8).

Medición variable arcos de movilidad

Los pacientes con rigidez articular mejoraron el arco de movilidad en flexión de los dedos

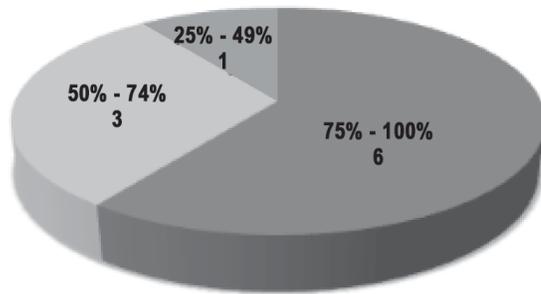


Figura 8. Porcentaje de mejoría en la funcionalidad (DASH).
Fuente: Elaboración propia.

con limitación funcional en el post-quirúrgico (fracturados y no fracturados). Quienes tenían fracturas intra articulares asociadas a conminación recuperaron en menor grado el arco de movilidad articular (Tabla 2).

La recuperación del arco de movilidad de la articulación metacarpofalángica fue total en el 40% de los pacientes desde 0° en extensión hasta 90° en flexión, satisfactoria en el 40% de los pacientes desde 0° en extensión hasta 75-89° en extensión y parcial en el 20% de los pacientes desde 0° en extensión hasta 45-74° en flexión.

Solo un paciente presentó limitación funcional de la extensión por debajo de 0°, lo cual mejoró con el protocolo de rehabilitación implementado.

Adherencia

Todos los pacientes asistieron cumplidamente a las sesiones programadas de terapia física y de rehabilitación robótica.

Eventos adversos

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

DISCUSIÓN

Con el propósito de obtener mejores resultados funcionales, se debe mejorar la oportu-

unidad en la cirugía para que los pacientes puedan ser intervenidos quirúrgicamente en la primera semana después del trauma. De igual forma, se debe mejorar el inicio de la rehabilitación para que los pacientes puedan iniciar las terapias de manera temprana a los 15 días de la cirugía.

Se requieren ensayos clínicos aleatorizados para generar evidencia clínica nivel I sobre el beneficio en la disminución de la rigidez articular de la terapia de movilización pasiva temprana con ortesis robóticas como complemento de la terapia física, esto en comparación con pacientes que solo reciben terapia física convencional.

El presente estudio tuvo la limitación de ser una serie de 10 casos clínicos; sin embargo, tiene la fortaleza de innovar en el desarrollo de protocolos de rehabilitación robótica en post-quirúrgicos de fracturas de la mano.

CONCLUSIONES

Existen demoras en los procesos de atención, ya que solo el 50% de los pacientes fueron intervenidos quirúrgicamente en la primera semana posterior al trauma; además, solo el 70% iniciaron la terapia de rehabilitación entre los 15 y 21 días del posquirúrgico.

Es necesario individualizar el número de sesiones de terapia física y robótica aplicadas a los pacientes de acuerdo al tipo de fractura, ya que los pacientes con fracturas únicas y extra articulares (diáfisis de un solo metacarpiano) requieren menos sesiones de terapias físicas y robóticas para restablecer el arco en flexión y extensión de la articulación metacarpofalángica. Los pacientes con fracturas múltiples (2 o más metacarpianos), complejas (cuello, base + diáfisis), intra articulares (cabeza, base) o conminutas requieren mayor número de sesiones de terapias físicas y robóticas para recuperar el arco de movilidad de la articulación metacarpofalángica hasta el máximo grado posible en cada paciente.

El protocolo de rehabilitación implementado en los pacientes con fractura de metacarpienos fue efectivo, pues presentaron disminución del dolor, mejoría de la funcionalidad y recuperación del arco de movilidad articular.

El control electrónico permite incrementar de forma gradual la fuerza, la velocidad y el ángulo de desplazamiento en flexión y extensión durante la movilización pasiva de los dedos con ortesis robóticas, favoreciendo así la tolerancia al dolor durante el proceso de rehabilitación.

El protocolo de rehabilitación implementado obtuvo una adherencia adecuada a las actividades programadas, además es seguro para los pacientes, ya que no se presentaron eventos adversos durante las sesiones de terapia física ni de terapia de rehabilitación robótica.

AGRADECIMIENTOS

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.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Confidencialidad de los datos

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos del paciente.

FINANCIACIÓN

El presente estudio fue financiado por la Fundación Centro de Investigación Biomédica, Electrónica y Robótica en Manizales (F-CIBER-M317). La fuente de financiamiento no desempeña ningún papel en el desarrollo de la investigación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dr. Gilberto Adres 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 Gomez Rendón: Médico Fisiatra, realizó las mediciones iniciales, de seguimiento y finales de los pacientes, medición objetiva de variables.

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), acompañó en el proceso de consentimiento informado para el ingreso de pacientes, soporte logístico, grabación de videos en las diferentes etapas del estudio para registrar la evolución de los pacientes.

REFERENCIAS

1. Stanton JS, Dias JJ, Burke FD. Fractures of the tubular bones of the hand. *J Hand Surg Eur Vol.* 2007;32(6):626-36. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/J.JHSE.2007.06.017>.
2. Michael N. Nakashian, Lauren Pointer, Brett D. Owens, and Jennifer Moriatis Wolf. Incidence of metacarpal fractures in the US population. *American Association for Hand Surgery*; Dec 2012. 7(4): 426-430.
3. de Putter CE, Selles RW, Polinder S, Panneman MJ, Hovius SE, van Beeck EF. 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(9):e56. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.K.00561>.
4. Hammert WC. Hand fractures and joint injuries. *Plastic Surgery Key.* 2012;6:138-60.
5. Pun WK, Chow SP, So YC, Luk KD, Ip FK, Chan KC, et al. A prospective study on 284 digital fractures of the hand. *J Hand Surg Am.* 1989;14(3):474-81. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0363-5023\(89\)80006-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0363-5023(89)80006-1).
6. Meals C, Meals R. Hand Fractures: A Review of Current Treatment Strategies. *J Hand Surg.* 2013;38(5):1021-31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhsa.2013.02.017>.
7. Swanson AB. Fractures involving the digits of the hand. *Orthop Clin North Am.* 1970;1(2):261-74.
8. Green DP. Complications of phalangeal and metacarpal fractures. *Hand Clin.* 1986;2(2): 307-28.
9. Page SM, Stern PJ. Complications and range of motion following plate fixation of metacarpal and phalangeal fractures. *J Hand Surg Am.* 1998;23(5):827-32. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0363-5023\(98\)80157-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0363-5023(98)80157-3).
10. Creighton JJ Jr, Steichen JB. Complications in phalangeal and metacarpal fracture management. Results of extensor tenolysis. *Hand Clin.* 1994;10(1):111-6.
11. Stern PJ, Wieser MJ, Reilly DG. Complications of plate fixation in the hand skeleton. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;(214): 59-65.
12. Gaston RG, Kuremsky MA. Postoperative infections: prevention and management. *Hand Clin.* 2010;26(2):265-80. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2010.01.002>.
13. Balamam AK, Bednar MS. Complications after the fractures of metacarpal and phalanges. *Hand Clin.* 2010;26(2):169-77. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2010.01.005>.
14. Markiewitz AD. Complications of hand fractures and their prevention. *Hand Clin.* 2013;29(4):601-20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.hcl.2013.08.012>.
15. Hardy MA. Principles of metacarpal and phalangeal fracture management: a review of rehabilitation concepts. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34(12):781-99. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2004.34.12.781>.
16. Manuel Alejandro Morán-Castañedo y cols. Fracturas de la mano en la terapia física y rehabilitación: conceptos básicos, conceptos prácticos y visión general. *El Residente.* Enero - Abril 2014; Volumen 9, Número 1. P.4-8. www.medigraphic.com.
17. Clark GL, Wilgis EFS, Aiello B, Eckhaus D, Eddington LV. *Hand Rehabilitation: A Practical Guide.* 2 ed. New York: Churchill Livingstone; 1997.
18. Farmer SE, James M. Contractures in orthopaedic and neurological conditions: a review of causes and treatment. *Disabil Rehabil.* 2001;23(13):549-58.
19. Thien TB, Becker JH, Theis JC. Rehabilitation after surgery for flexor tendon injuries in the hand. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004(4):CD003979. <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.CD003979.pub2>.
20. Laura Lynn Onderko, Saquib Rehman. Treatment of Articular Fractures with Continuous Passive Motions. *Orthopedic*

- Clinics. July 2013, Vol (44), Issue 3, Pages 345-356.
21. Hayes. Mechanical Stretching Devices for the Treatment of Joint Contractures of the Extremities: Lansdale Medical Technology Directory; 2011.
 22. Fousmashi M, Troncosi M, Castelli P. State of the art of Hand Exoskeleton Systems. Bologna: Università di Bologna; 2011.
 23. Gómez-Rendón JF, Moreno-Arango JD, Gil-Henao GA, Becerra-Velásquez J, Orozco-Téllez CH. Rehabilitación de la mano con órtesis robóticas. Rev Col Med Fis Rehab. 2016;16(2):174-9.