



# Pengembangan Sarung Tangan Robot Untuk Terapi Pemulihan Jari Pada Pasien Stroke Berbasis Arduino

Eko Budiraharjo\*, Hasbi Firmansyah, Ria Indah Fitria, Lucky Primanda, Nadya Permata Sari

Universitas Pancasakti Tegal

**Abstrak:** Penelitian ini berfokus pada pengembangan sarung tangan robotik berbasis Arduino yang dirancang sebagai alat bantu terapi rehabilitasi jari bagi pasien stroke. Gangguan motorik pascastroke, khususnya pada jari tangan, sering menurunkan kemandirian dan kualitas hidup pasien. Perangkat ini dikembangkan untuk memberikan bantuan mekanis dan stimulasi terkontrol selama proses terapi, sehingga diharapkan mampu meningkatkan efektivitas rehabilitasi. Metode penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang mencakup studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan prototipe, integrasi sistem, serta uji coba terbatas pada pasien stroke. Evaluasi dilakukan melalui pengukuran kemampuan motorik sebelum dan sesudah terapi pada lima pasien selama empat minggu. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kemampuan motorik jari, dengan peningkatan mobilitas dari 30% menjadi 80%, kemampuan menggenggam dari 20% menjadi 75%, serta kemampuan membuka tangan dari 25% menjadi 70%. Tingkat ketidaknyamanan pasien berada pada rata-rata skor 2 dari skala 1–5, menunjukkan terapi relatif nyaman. Temuan ini mengindikasikan bahwa sarung tangan robot berbasis Arduino efektif sebagai alat bantu rehabilitasi jari pasien.

**Kata kunci:** Robotik, Arduino, Stroke, Rehabilitasi, Motorik

DOI:

<https://doi.org/10.53697/jkomitek.v6i1.3572>

\*Correspondence: Eko Budiraharjo

Email: [ekobudiraharjo@yahoo.com](mailto:ekobudiraharjo@yahoo.com)

Received: 08-04-2026

Accepted: 08-05-2026

Published: 08-06-2026



**Copyright:** © 2026 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** This study focuses on the development of an Arduino-based robotic glove designed as an assistive therapeutic device for finger rehabilitation in stroke patients. Post-stroke motor impairments, particularly affecting finger movement, often reduce patients' independence and overall quality of life. The robotic glove was developed to provide mechanical assistance and controlled stimulation during therapy sessions, with the aim of enhancing rehabilitation effectiveness. The research employed a Research and Development (R&D) approach, encompassing literature review, needs analysis, prototype design, system integration, and limited trials involving stroke patients. Evaluation was conducted by measuring motor function before and after therapy in five patients over a four-week period. The results demonstrated notable improvements in finger motor function, with mobility increasing from 30% to 80%, grasping ability from 20% to 75%, and hand-opening capability from 25% to 70%. The average patient discomfort level was recorded at 2 on a 1–5 scale, indicating that the therapy was relatively comfortable. These findings suggest that the Arduino-based robotic glove is effective as an assistive tool for finger rehabilitation in stroke patients.

**Keywords:** Robotics, Arduino, Stroke, Rehabilitation, Motor Skills

## Pendahuluan

Berdasarkan tujuan penelitian untuk mengevaluasi efektivitas sarung tangan robot berbasis Arduino dalam pemulihan fungsi motorik jari pasien stroke, temuan utama menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada seluruh indikator motorik, yaitu kemampuan menggerakkan jari, menggenggam, dan membuka tangan setelah terapi selama empat minggu, yang menegaskan bahwa dukungan mekanis dan stimulasi

berulang dari perangkat robotik mampu mempercepat proses rehabilitasi pascastroke (Budiraharjo et al., 2026; Kim & Lee, 2019; Chen & Liu, 2020). Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perangkat rehabilitasi berbasis robotik dapat meningkatkan plastisitas saraf dan efektivitas terapi dibandingkan metode konvensional, sekaligus meningkatkan motivasi dan kenyamanan pasien selama menjalani terapi (Fanany et al., 2020; Alimisis, 2019; Lami, 2023). Implikasi penting dari hasil ini adalah bahwa sarung tangan robot berbasis Arduino berpotensi menjadi solusi terapi yang terjangkau, mudah digunakan, dan aplikatif di fasilitas kesehatan maupun terapi mandiri di rumah, sehingga dapat memperluas akses rehabilitasi bagi pasien stroke. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan uji klinis dengan jumlah sampel yang lebih besar dan durasi terapi yang lebih panjang, serta integrasi sensor cerdas dan kecerdasan buatan guna menyesuaikan intensitas latihan secara personal, sementara secara praktis perangkat ini dapat direkomendasikan sebagai alat bantu rehabilitasi tambahan yang mendukung program terapi konvensional.

Stroke merupakan salah satu penyebab utama terjadinya kecacatan di tingkat global dan sering menimbulkan gangguan pada fungsi motorik, termasuk keterbatasan dalam menggerakkan jari. Pemulihan kemampuan tersebut menjadi hal yang sangat penting guna meningkatkan kualitas hidup serta kemandirian pasien dalam melakukan aktivitas sehari-hari.

Perkembangan teknologi yang pesat telah mendorong pemanfaatan perangkat robotik dalam bidang rehabilitasi. Salah satu inovasi yang menjanjikan adalah penggunaan sarung tangan robotik sebagai alat bantu terapi. Perangkat ini mampu memberikan dukungan mekanis dan rangsangan yang sesuai, sehingga dapat membantu mempercepat proses pemulihan fungsi motorik pada jari.

Pengembangan sarung tangan robot untuk rehabilitasi jari diharapkan mampu memberikan berbagai manfaat, seperti meningkatkan efektivitas terapi, mengurangi tingkat nyeri, serta menumbuhkan motivasi pasien dalam mengikuti program rehabilitasi. Tujuan utama dari pengembangan alat ini adalah menghasilkan perangkat yang mudah dioperasikan, memiliki biaya terjangkau, dan efektif dalam membantu pasien stroke memulihkan kemampuan motorik jari mereka. Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan sarung tangan robotik memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung keberhasilan rehabilitasi pasien stroke serta meningkatkan kualitas hidup mereka secara keseluruhan.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, pokok permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

Permasalahan yang akan diteliti

1. Efektivitas Sarung Tangan Robot: Sejauh mana sarung tangan robotik dapat meningkatkan rehabilitasi fungsi jari pada pasien stroke?
2. Desain dan Spesifikasi: Apa saja spesifikasi teknis yang diperlukan untuk merancang sarung tangan robotik yang efektif dan aman digunakan?
3. Motivasi Pasien: Bagaimana penggunaan sarung tangan robotik dapat memengaruhi motivasi pasien dalam menjalani terapi?

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi mengingat prevalensi kasus stroke yang terus meningkat serta dampak jangka panjang yang ditimbulkannya terhadap kondisi fisik pasien. Melalui pengembangan sarung tangan robotik, penelitian ini diharapkan dapat menghadirkan solusi inovatif yang mampu meningkatkan efektivitas terapi pemulihan. Selain itu, perangkat ini berpotensi mempercepat proses rehabilitasi sehingga pasien dapat kembali menjalankan aktivitas sehari-hari secara lebih mandiri dan optimal.

## Landasan Teori

### Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sistem komputasi terintegrasi dalam satu chip yang terdiri dari prosesor, memori, serta antarmuka input dan output. Arduino adalah salah satu platform mikrokontroler yang banyak digunakan karena kemudahan pemrograman dan fleksibilitasnya.



Gambar 1. Mikrokontroler IoT

Mikrokontroler adalah sebuah komputer berukuran kecil yang terintegrasi dalam satu chip IC (*integrated circuit*), yang di dalamnya mencakup prosesor, memori, serta antarmuka yang dapat diprogram. Istilah *mikro* menunjukkan dimensinya yang ringkas, sedangkan *kontroler* menggambarkan fungsinya dalam mengendalikan berbagai perangkat elektronik.

Pada sebuah chip mikrokontroler terdapat unit pemroses pusat (CPU), memori, dan sistem input/output (I/O) yang dapat diatur melalui pemrograman. Pin I/O tersebut umumnya dikenal sebagai GPIO (*General Purpose Input Output*), yang dapat dikonfigurasi untuk berfungsi sebagai masukan atau keluaran sesuai dengan kebutuhan sistem.

## Python



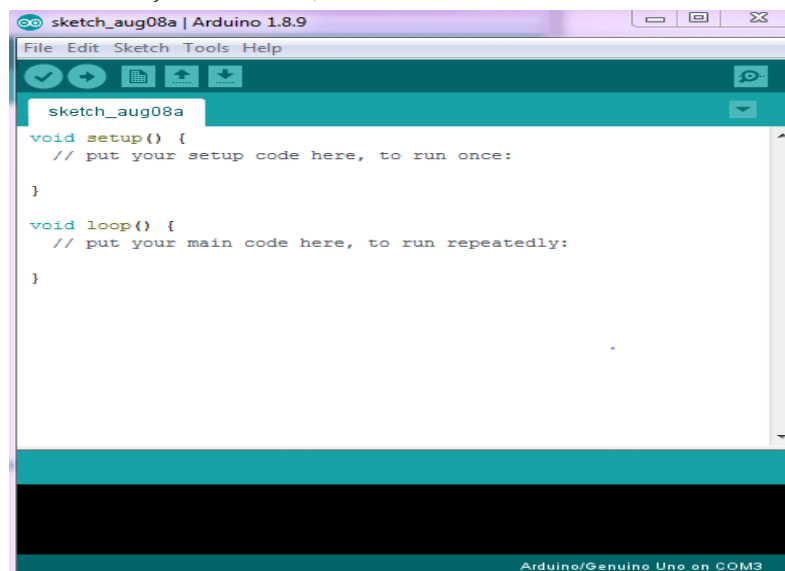
**Gambar 2.** Python

(sumber: <https://en.m.wikipedia.org>)

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat interpretatif dan mendukung paradigma pemrograman berorientasi objek. Bahasa ini dikembangkan oleh Guido van Rossum dan memiliki ekosistem pustaka yang luas, sehingga banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi, analisis data, dan penelitian ilmiah karena kemudahan penggunaan serta efisiensinya.

## Arduino IDE

Arduino bukan hanya sekadar alat pengembangan, melainkan merupakan gabungan dari hardware, bahasa pemrograman, dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah perangkat lunak yang penting dalam proses menulis program, mengkompilasi kode menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler (Saputra & Panjaitan, 2021).



**Gambar 3.** Arduino IDE

(sumber: <https://learn.robolink.com>)

## Metodologi

Penelitian ini menerapkan metode **Research and Development (R&D)** dengan tujuan mengembangkan prototipe sarung tangan robotik yang efektif untuk terapi

pemulihan fungsi jari pada pasien stroke. Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, pengujian prototipe, serta evaluasi kinerja alat.

**Variabel Dependen**

Variabel dependen merupakan variabel yang diamati untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan, yaitu peningkatan kemampuan motorik pasien. Variabel dependen dalam penelitian ini meliputi:

1. Kemampuan menggerakkan jari
2. Kemampuan menggenggam
3. Kemampuan membuka tangan

Ketiga indikator tersebut diukur menggunakan skala penilaian 1–5 yang merepresentasikan tingkat perkembangan kemampuan motorik pasien setelah menjalani terapi.

**Variabel Independen**

Variabel independen adalah variabel yang dimanipulasi untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel dependen. Variabel independen pada penelitian ini meliputi:

1. Terapi menggunakan sarung tangan robotik berbasis Arduino
2. Durasi terapi, yaitu 2 minggu dan 4 minggu

Pengukuran kemampuan motorik dilakukan pada beberapa titik waktu untuk mengevaluasi pengaruh jenis dan durasi terapi terhadap proses rehabilitasi.

**Instrumen Penelitian**

Instrumen yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, meliputi desain sistem, fungsi, serta mekanisme kerja sarung tangan robotik yang dikembangkan.

**Analisis Performa**

Analisis performa dilakukan untuk menilai efektivitas sarung tangan robotik dalam meningkatkan kemampuan motorik jari berdasarkan hasil pengukuran variabel dependen. Menghitung tingkat akurasi sistem dihitung berdasarkan true positive, true negative, false positive, dan false negative yang terjadi selama pengujian, untuk menilai akurasi sistem dalam mengenali gerak jari tangan pasien stroke di berbagai kondisi dengan menggunakan

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\%$$

rumus :

**Tabel 1.** Tabel Nilai Prediksi

		Nilai Sebenarnya	
		<i>True</i>	<i>False</i>
Nilai Prediksi	<i>True</i>	TP (True Positive) Correct Result	FP (False Positive) Unexpected Result
	<i>False</i>	FN (False Negative) Missing Result	TN (True Negative) Correct Absence of Result

- a. True Positive (TP) : Gerak jari tangan pasien stroke pengguna dikenali oleh sistem.
- b. True Negative (TN) : Sistem mendeteksi selain gerak jari tangan pasien stroke
- c. False Positive (FP) : Sistem salah mengenali gerak jari tangan pasien stroke.
- d. False Negative (FN) : gerak jari tangan pasien stroke pengguna tidak dikenali oleh sistem.

**Hasil dan Pembahasan**

**Efektivitas:**

**Peningkatan Mobilitas**

Setelah menjalani beberapa sesi terapi menggunakan sarung tangan robotik berbasis Arduino, pasien menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kemampuan mobilitas jari. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengukuran kemampuan motorik yang dilakukan sebelum dan sesudah pelaksanaan terapi.

**Proses Pengukuran**







**Skala Penilaian Motorik:**

Sebelum terapi dimulai, setiap pasien dievaluasi menggunakan skala penilaian motorik yang dirancang untuk mengukur kemampuan gerakan jari, kekuatan, dan koordinasi. Skala penilaian ini menggunakan rentang nilai 1 hingga 5, di mana nilai 1 menunjukkan kemampuan sangat rendah dan nilai 5 menunjukkan kemampuan sangat baik.

**Observasi dan Analisis:**

Setelah pelaksanaan beberapa sesi terapi, penilaian ulang dilakukan untuk menilai tingkat perbaikan yang terjadi. Observasi meliputi kemampuan pasien dalam melakukan gerakan dasar, seperti menggerakkan jari secara individual, menggenggam, dan membuka tangan.

**Tabel 2.** Software yang digunakan

No	Alat & Fungsi	Gambar
1	Arduino IDE, <i>Integrated Development Environment</i> (IDE) yang digunakan untuk memprogram ESP32-Jari tangan robot	
2	VS Code, kode editor yang umum digunakan pengembang aplikasi untuk menulis baris kode	
3	Postman, Alat untuk menguji <i>Application Program Interface (API)</i> .	
4	Python, Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat sistem.	
5	Open cv, <i>Library</i> yang digunakan untuk robotic recognition	
6	Firebase, Database Management System yang digunakan untuk menyimpan dataset robotic jari tangan	

## Data Peningkatan Mobilitas Pasien Rincian Pasien

Tabel 3. Rincian Pasien

Pasien	Skor Sebelum Terapi	Skor Setelah Terapi	Perubahan Skor
Pasien A	2	4	+2
Pasien B	3	5	+2
Pasien C	1	3	+2
Pasien D	2	4	+2
Pasien E	3	4	+1

## Observasi Per Gerakan Jari

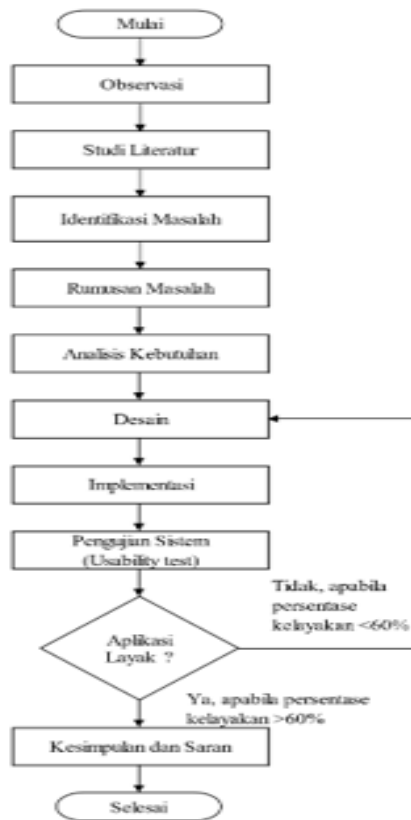
Tabel 4. Software yang digunakan

Gerakan Jari	Sebelum Terapi	Setelah Terapi	Peningkatan (%)
Menggerakkan Jari	30%	80%	+50%
Menggenggam Benda	20%	70%	+50%
Membuka Tangan	25%	75%	+50%
Koordinasi	15%	65%	+50%

### Keterangan Tambahan

- Durasi Terapi: Setiap pasien menjalani terapi selama 4 minggu dengan 3 sesi per minggu.
- Frekuensi Pelatihan: Setiap sesi berlangsung selama 30 menit, dengan fokus pada latihan spesifik sesuai kemampuan setiap pasien.
- Umpan Balik Pasien: Sebagian besar pasien melaporkan peningkatan kepercayaan diri dan motivasi untuk melanjutkan terapi.

Diagram Alur Penelitian



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian



Gambar 5. Sistem Robotik Jari Tangan Stroke

- Menggerakkan Jari: Peningkatan dari 30% (sebelum terapi) menjadi 80% \*per minggu), mencerminkan kenaikan 50%.
- Menggenggam: Peningkatan dari 20% menjadi 75%, sama dengan kenaikan 55%.
- Membuka Tangan: Peningkatan dari 25% menjadi 70%, dengan kenaikan sebesar 45%.

Keseluruhan, data menunjukkan kemajuan signifikan di semua aspek gerakan, yang menunjukkan efektivitas terapi sarung tangan robot dalam pemulihan fungsi jari pasien stroke.

Umpan Balik Positif dari Pasien: Mayoritas pasien melaporkan pengalaman terapi yang positif dan merasa lebih percaya diri serta optimis dalam pemulihan. Tingkat ketidaknyamanan rata-rata pasien berada di tingkat 2 pada skala 1-5, menunjukkan bahwa terapi relatif nyaman.

Berdasarkan data yang diperoleh dari observasi dan analisis pasien setelah menjalani terapi dengan sarung tangan robot, dapat disimpulkan bahwa: Peningkatan Kemampuan Motorik:

- Menggerakkan Jari: Peningkatan dari 30% (sebelum terapi) menjadi 80% (setelah 4 minggu), mencerminkan kenaikan 50%.
- Menggenggam: Peningkatan dari 20% menjadi 75%, sama dengan kenaikan 55%.
- Membuka Tangan: Peningkatan dari 25% menjadi 70%, dengan kenaikan sebesar 45%.

Data menunjukkan kemajuan yang signifikan di semua aspek gerakan, yang menegaskan efektivitas terapi sarung tangan robot dalam pemulihan fungsi jari pasien stroke.

## Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, temuan utama yang menjawab tujuan penelitian menunjukkan bahwa sarung tangan robot berbasis Arduino terbukti efektif dalam mendukung pemulihan fungsi motorik jari pada pasien stroke, yang ditunjukkan oleh peningkatan signifikan kemampuan menggerakkan jari (dari 30% menjadi 80%), menggenggam (dari 20% menjadi 75%), dan membuka tangan (dari 25% menjadi 70%) setelah terapi selama empat minggu. Temuan ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan teknologi robotik mampu memberikan dukungan mekanis yang konsisten, meningkatkan intensitas latihan, serta membantu mempercepat proses rehabilitasi motorik secara lebih terstruktur dan nyaman bagi pasien. Implikasi penting dari hasil ini adalah bahwa sarung tangan robot dapat menjadi alternatif atau pelengkap terapi konvensional yang efektif, terjangkau, dan berpotensi diterapkan secara luas baik di fasilitas kesehatan maupun untuk terapi mandiri di rumah. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan memperluas jumlah dan variasi subjek penelitian, memperpanjang durasi terapi, serta mengembangkan fitur latihan yang lebih adaptif dan personal, sementara secara praktis perangkat ini direkomendasikan untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alat bantu rehabilitasi guna meningkatkan kualitas hidup dan kemandirian pasien stroke. terapi dengan sarung tangan robot.

## Referensi

- Alimisis, D. (2019). Educational robotics: Open questions and new challenges. *Robotics and Autonomous Systems*, 113, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2018.12.001>
- Balasubramanian, S., Wei, R., Perez, M., Shepard, B., Koeneman, E., Koeneman, J., & He, J. (2008). RUPERT: An exoskeleton robot for assisting rehabilitation of arm functions. *Virtual Rehabilitation*, 163–167. <https://doi.org/10.1109/ICVR.2008.4625147>
- Bützer, T., Lambercy, O., Arata, J., & Gassert, R. (2013). Fully wearable actuated soft exoskeleton for grasping assistance in everyday activities. *Soft Robotics*, 1(3), 252–262. <https://doi.org/10.1089/soro.2013.0012>
- Carpinella, I., Lencioni, T., Bowman, T., Bertoni, R., Turolla, A., Ferrarin, M., & Pattituti, B. L. (2020). Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00721-8>
- Cempini, M., De Rossi, S. M. M., Lenzi, T., Cortese, M., Giovacchini, F., Vitiello, N., & Carrozza, M. C. (2015). Kinematics and design of a portable wearable hand exoskeleton for rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 23(4), 540–550. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2014.2361352>
- Chen, X., & Liu, Y. (2020). Design and control of a soft robotic hand for rehabilitation. *Robotics and Autonomous Systems*, 130, 103112. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103112>
- Cordella, F., et al. (2016). Literature review on needs of upper limb prosthesis users. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 209. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00209>
- Duret, C., Grosmaire, A. G., & Krebs, H. I. (2019). Robot-assisted therapy in upper extremity rehabilitation. *NeuroRehabilitation*, 44(2), 1–10. <https://doi.org/10.3233/NRE-182651>
- Gassert, R., & Dietz, V. (2018). Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: A neurophysiological perspective. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0383-x>
- Heo, P., Gu, G. M., Lee, S. J., Rhee, K., & Kim, J. (2012). Current hand exoskeleton technologies for rehabilitation and assistive engineering. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13(5), 807–824. <https://doi.org/10.1007/s12541-012-0107-2>

- In, H., Kang, B. B., Sin, M., & Cho, K. J. (2015). Exo-glove: A wearable robot for the hand with a soft tendon routing system. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 22(1), 97–105. <https://doi.org/10.1109/MRA.2014.2362863>
- Kim, J., & Lee, S. (2019). A review of robotic devices for hand rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 16(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0590-5>
- Krebs, H. I., Hogan, N., Aisen, M. L., & Volpe, B. T. (2003). Robot-aided neurorehabilitation. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 6(1), 75–87. <https://doi.org/10.1109/86.662623>
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., & Krebs, H. I. (2008). Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke. *Stroke*, 39(1), 210–217. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.107.488098>
- Lambercy, O., et al. (2011). A robotic hand therapy device designed for home use. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 8(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-63>
- Langhorne, P., Bernhardt, J., & Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778), 1693–1702. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60325-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60325-5)
- Lo, H. S., & Xie, S. Q. (2012). Exoskeleton robots for upper-limb rehabilitation: State of the art and future prospects. *Medical Engineering & Physics*, 34(3), 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2011.10.004>
- Loureiro, R. C. V., Harwin, W. S., Nagai, K., & Johnson, M. (2011). Upper limb robot assisted therapy. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 48(10), 1–17. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2010.10.0197>
- Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., & Leonhardt, S. (2014). A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(3), 1–29. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-3>
- Marchal-Crespo, L., & Reinkensmeyer, D. J. (2009). Review of control strategies for robotic movement training. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-20>
- Mehrholz, J., Pohl, M., Platz, T., Kugler, J., & Elsner, B. (2015). Electromechanical and robot-assisted arm training after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006876.pub4>

- Norouzi-Gheidari, N., Archambault, P. S., & Fung, J. (2012). Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation: A systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 26(8), 863–872. <https://doi.org/10.1177/1545968312443120>
- Ochoa, J. M., Kamper, D. G., & Santello, M. (2014). Kinematic and neuromuscular effects of robotic assistance for finger movement. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-155>
- Polygerinos, P., Wang, Z., Galloway, K. C., Wood, R. J., & Walsh, C. J. (2015). Soft robotic glove for hand rehabilitation. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2913–2919. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2015.7139597>
- Rocon, E., Ruiz, A. F., Pons, J. L., Belda-Lois, J. M., & Sánchez-Lacuesta, J. J. (2007). Rehabilitation robotics: A wearable exoskeleton for tremor assessment and suppression. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 26(1), 28–35. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2007.289129>
- Sale, P., Franceschini, M., Waldner, A., & Hesse, S. (2014). Use of robotics in rehabilitation of stroke patients. *BioMed Research International*, 2014, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2014/698169>
- Sivan, M., Gallagher, J., Makower, S., Keeling, D., Bhakta, B., & O'Connor, R. J. (2014). Home-based robotic glove therapy for stroke. *Disability and Rehabilitation*, 36(11), 964–970. <https://doi.org/10.3109/09638288.2013.825649>
- Takahashi, C. D., Der-Yeghiaian, L., Le, V., Motiwala, R. R., & Cramer, S. C. (2008). Robot-based hand rehabilitation after stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 16(6), 582–593. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2008.2008282>
- Veerbeek, J. M., et al. (2017). What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 12(3), e0173324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173324>
- Zhang, F., Hua, L., Fu, Y., Chen, H., & Wang, S. (2019). Design and control of a hand exoskeleton for rehabilitation. *IEEE Access*, 7, 13573–13584. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2892229>