

## MOTOR NEUROREHABILITATION IN PATIENTS WITH HEMIPLEGIA

**Danche Vasileva**

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia

[dance.vasileva@ugd.edu.mk](mailto:dance.vasileva@ugd.edu.mk)

**Elena Gjorgjievska Dimovska**

Faculty of Medical Sciences, Goce Delcev University, Stip, North Macedonia, University Clinic of Physical Medicine and Rehabilitation – Skopje, Republic of North Macedonia,

[elena.211543@student.ugd.edu.mk](mailto:elena.211543@student.ugd.edu.mk)

**Abstract:** In recent decades, progress has been observed in motor rehabilitation interventions, based on repetitive practice of coordinated motor activities that are efficient and aim to improve movement functions, resulting in an improvement in quality of life of the patients. Robotic rehabilitation is a computer-software connected orthosis, which focuses on performing certain coordinated movements, aimed at restoring damaged sensory, motor and cognitive skills. Robotic rehabilitation is experiencing its rise by attaching sensors for the purpose of multimedia sensing, and the most applied and used are visual and auditory sensors. Visual feedback is an important factor in human-robot interaction, one of the most widely used open feedback models is visual feedback. Visual feedback is delivered through an additional computer screen, its purpose is cognitive training. The visual part of the training is closely correlated with the auditory information that makes the computerized rehabilitation unique. Combining cognitive training with the help of robots and together with virtual reality techniques offers us a new and significant effective alternative to the traditional way of training, gamification (the use of games with robotic rehabilitation) is becoming a more popular way of motivating in cognitive training. The incorporation of virtual reality allows us to repeat tasks, exercises, movement in a more comfortable and convenient way of motor rehabilitation. The aim of this study is to present a unique case with hemiplegia where, in addition to all kinesiotherapy and a physical plan, the rehabilitation includes robotic therapy of the lower extremities, where a robot-assisted exoskeleton (Locomat) is used. Materials and methods: The robotic therapy together with the purpose of rehabilitation treatment takes place in a period of twenty days with a break on the 10th day of a week, in order to show the progress the patient has made between the two treatments of 10 days each and to determine how much the robotic therapy has an effect on motor neurorehabilitation in patients with hemiplegia. In order to determine the independence and mobility of the patient at the beginning, on the 10th day and on the 20th day, the Barthel index test and the Fugl-Meyer assessment test were performed. Results: According to the analysis and processing of the results obtained from the robot-assisted exoskeleton itself and after their statistical processing, they show a significant improvement in the results in the second period of rehabilitation compared to the first rehabilitation, which means that the patient took a significant part in the movement itself with the robot-assisted exoskeleton and a significant patient improvement in terms of walking distance, meters walked, treadmill speed, driving force and body weight support. The overall result also results in an improvement in coordination and the establishment of a straight pattern of walking, which only hinders further rehabilitation. The results of the Bartel index test shows the progress of the patient and the improvement of his mobility, while the Fugl-Meyer assessment test shows the improvement of motor function and sensitivity. Conclusion: The robotic tribulation, although it is still being developed and because of its inaccessibility in relation to the price of tretrmans, shows a significant improvement in motor function and in motor neurorehabilitation in patients with hemiplegia.

**Keywords:** Robotic therapy, Robotic assisted exoskeleton, motor function, lower extremities

## МОТОРНА НЕВРОРЕХАБИЛИТАЦИЈА КАЈ ПАЦИЕНТИ СО ХЕМИПЛЕГИЈА

**Данче Василева**

Факултет за медицински науки, Универзитет “Гоце Делчев” - Штип, Р.Северна Македонија,

[dance.vasileva@ugd.edu.mk](mailto:dance.vasileva@ugd.edu.mk)

**Елена Ѓорѓиевска Димовска**

Факултет за медицински науки, Универзитет “Гоце Делчев” - Штип, Р.Северна Македонија,

Универзитетска Клиника за Физикална Медицина и Рехабилитација – Скопје, Р. Северна

Македонија, [elena.211543@student.ugd.edu.mk](mailto:elena.211543@student.ugd.edu.mk)

**Резиме:** Во последните децении е забележан напредок во интервенциите на невромоторната рехабилитација, се заснова врз повторувачко вежбање на координирани моторни активности кои се ефикасни и имаат за цел подобрување на функциите на движењата, што резултира со подобрување во квалитетот на животот на пациентите. Роботската рехабилитација претставува компјутерско-софтверска поврзана ортоза, која се фокусира на изведување одредени координирани движења, насочени кон обновување на оштетените сензорни, моторни и когнитивни вештини. Роботската терапија има за цел да одговори на интензивниот труд и недостатокот на повторувања од мануелниот пристап, роботите применети во рехабилитацијата се делат на два типа: егзоскелет и краен ефектор. Егзоскелет уредите овозможуваат координирано вежбање со движење на повеќе зглобови, како и самостојно вежбање со движење на единечни зглобови со силна релевантност за тестирање, додека крајниот ефекторен тип на робот за рехабилитација нуди повеќе предности, поедноставна структура, подобра контактибилност човек – робот и способност за прилагодување на системот. Таа го доживува својот подем со прикачување сензори со цел мултимедијално сензорирање, а најприменувани и употребувани се визуелниот и аудитивниот сензор. Визуелно повратната информација е важен фактор во интеракцијата човек – робот, еден од најшироко употребувани модели за отворена повратна информација е визуелната повратна информација. Визуелно повратните информации се доставени преку дополнителен компјутерски екран, нивна цел е когнитивниот тренинг. Визуелниот дел од тренингот е во тесна корелација и со аудитивно поврзаните информации што ја прави уникатна компјутеризираната рехабилитација. Комбинирањето на когнитивните тренинзи со помош на роботите и заедно со техниките за виртуелна реалност ни нуди една нова и значително ефикасна алтернатива на традиционалниот начин на тренинг, гејмификацијата (употребата на игри со роботската рехабилитација) станува се популарен начин на мотивирање во когнитивниот тренинг. Вградувањето на виртуелната реалност ни овозможува повторување на задачите, вежбите, движењето на поудобен и попростапен начин на моторна рехабилитација. Целта на оваа студија е прикажување на издвоен случај со хемиплегија каде покрај целиот кинезитерапевтски и физикален план во рехабилитацијата е вклучена и роботската терапија на долни екстремитети каде се применува робот асистиран егзоскелет (локомат). Материјали и методи: Роботската терапија заедно со цел рехабилитатиски третман се одвива во период од дваесет дена со пауза на 10 ден од една недела, со цел да се прикаже напредокот на пациентот кој го стекнал помеѓу двата третмани од по 10 дена и да се утврди колку роботската терапија има вијание врз моторната неврорехабилитација кај пациентите со хемиплегија. Со цел да се утврди независноста и мобилноста на пациентот на почетокот, на 10 ден и на 20 ден е спроведен Бартел индекс тестот и Fugl – Meyer assessment тестот. Резултати: Според анализата и обработката на резултатите добиени од самиот робот асистиран егзоскелет и по нивната статистичка обработка покажуваат сигнификантно подобрување на резултатите во вториот период на рехабилитација во однос на првата рехабилитација што значи дека пациентот земал значајно учество во самото движење со робот асистиран егзоскелет и е забележано значително подобрување на пациентот во однос со времетраење на одење, изодени метри, брзина на трака, водечка сила и поддршка на телесна тежина. Целовкупниот резултат резултира и со подобрување на координација и воспоставување на правилна шема на одење кое само ја унапредува понатамошната рехабилитација. Резултатите од Бартел индекс тестот го покажуваат напредокот на пациентот и подобрувањето на неговата мобилност додека Fugl – Meyer assessment тестот го покажува подобрувањето на моторната функција и сензитивност. Заклучок: Роботската терапија иако сеуште се развива и покрај нејзината непростапност во однос на цената на терманите покажува значајно унапредување во моторната функција и во моторната неврорехабилитација кај пациентите со хемиплегија.

**Клучни зборови:** роботска терапија, робот асистиран егзоскелет, моторна функција, долни екстремитети

## 1. ВОВЕД

Роботската терапија претставува современо решение кое овозможува функционална моторна неврорехабилитација со помош на активно движење. Во последните децении е забележан напредок во интервенциите на невромоторната рехабилитација, се заснова врз повторувачко вежбање на координирани моторни активности кои се ефикасни и имаат за цел подобрување на функциите на движењата, што резултира со подобрување во квалитетот на животот на пациентите. Роботската рехабилитација претставува компјутерско-софтверска поврзана ортоза, која се фокусира на изведување одредени координирани движења, насочени кон обновување на оштетените сензорни, моторни и когнитивни вештини. Роботите за рехабилитација од сегашната генерација се дизајнирани како дополнување на работата на терапевтот, тие го поддржуваат обновувањето на функциите со ефикасно искористување на структурата и адаптивните својства на сензомоторните системи на човекот и обезбедуваат богати информации за сензомоторните перформанси и нивната евалуација. Карактеристична особина на роботите за рехабилитација која е од голема

важност за компјутерската неврорехабилитација претставува можноста за интегрирање на терапевтските и мерните функционалности, напредна вградена технологија со сензори кои ја мерат кинематиката и кинетката на движењето, што обезбедува ефикасна проценка на моторната функција на пациентот со што се добива точна проценка на моменталната состојба на пациентот и напредокот на пациентот за време на третманот. Роботската терапија има за потенцијал да одговори на интензивниот труд и недостатокот на повторувања од мануелниот пристап, роботите применети во рехабилитацијата се делат на два типа: егзоскелет и краен ефектор. Егзоскелет уредите овозможуваат координирано вежбање со движење на повеќе зглобови, како и самостојно вежбање со движење на единечни зглобови со силна релевантност за тестирање, додека крајниот ефекторен тип на робот за рехабилитација нуди повеќе предности, поедноставна структура, подобра контактибилност човек – робот и способност за прилагодување на системот. Роботската рехабилитација го доживува својот подем со прикачување сензори со цел мултимедијално сензорирање а најприменувани и употребувани се визуелниот и аудитивниот сензор. Визуелно повратната информација е важен фактор во интеракцијата човек – робот, еден од најшироко употребувани модели за отворена повратна информација е визуелната повратна информација. Визуелно повратните информации се доставени преку дополнителен компјутерски екран, нивна цел е когнитивниот тренинг. Визуелниот дел од тренингот е во тесна корелација и со аудитивно повратните информации што ја прави уникатна компјутеризираната рехабилитација.

## 2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Оваа студија претставува прикажување на случај на пациент со хемиплегија, кој што има поминато два периоди на рехабилитација во Универзитетската клиника за физикална медицина и рехабилитација во Скопје. Рехабилитацијата е со времетраење од по 10 дена со пауза од една недела помеѓу двата рехабилитационски периоди. Покрај кинезитерапевтските вежби и модалитетите на физикалната медицина, пациентот вежба и со егзоскелетот на долните екстремитети во времетраење од 20 минути по третман. Резултатите се сумираат од самиот софтвер на роботски асистирани егзоскелет. Се обработуваат и анализираат според Fisher t-test, се анализираат тестови од типот на Бартел, и резултатите од biofeedback од виртуелните игри.

## 3. РЕЗУЛТАТИ

Во Табела 1. се прикажани резултатите од измерените параметри добиени од софтверот на роботскиот егзоскелет.

**Табела 1. Приказ на измерени параметри кај пациентот во текот на двете рехабилитации**

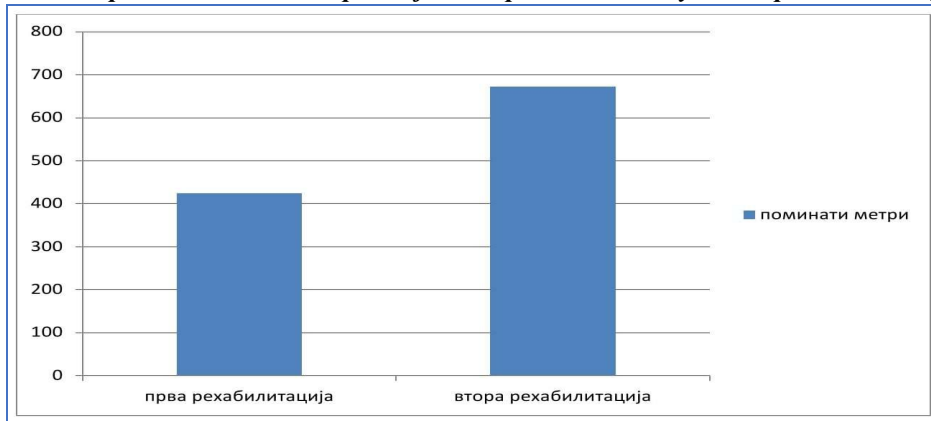
	Изминати метри $\bar{x} \pm SD$	BWS(поддршка на телесна тежина) % $\bar{x} \pm SD$	Guidance force(водечка сила)% $\bar{x} \pm SD$	Брзина Km/h $\bar{x} \pm SD$
Прва рехабилитација	424±102	36±19	68±20	1,6±0,2
Втора рехабилитација	673±14**	4±3**	17±12**	1,7±0,07**

\*\* $p < 0,05$  –значајни промени на вредностите во однос на почетните вредности на почетокот на рехабилитацијата

Извор: Сопствено истражување на авторите Василева, Д., и Ѓорѓиевска Димовска, Е.

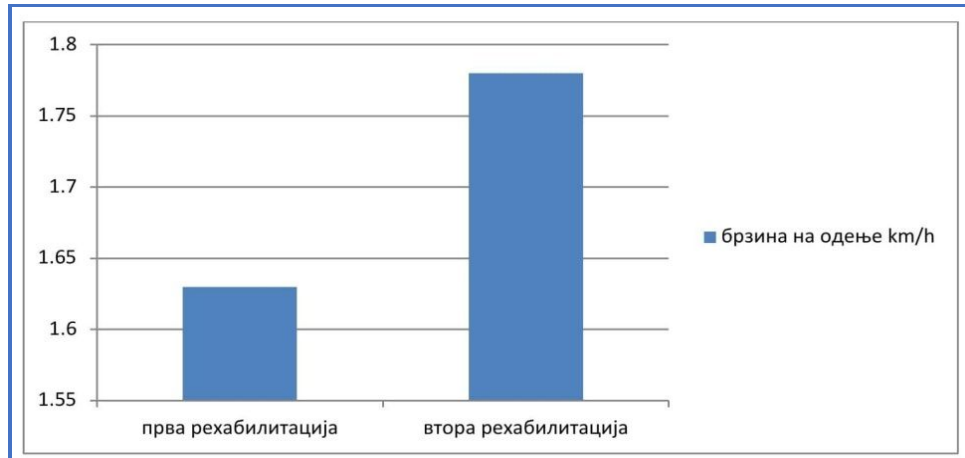
За промените на измерените вредности на поминатото растојание Слика 1., за промените на брзината на одење Слика 2., а за промените на BWS (поддршка на телесна тежина)и Guidance force(водечка сила) прикажани се на Слика 3..

**Слика 1. Приказ на изминато растојание и разликата меѓу двете рехабилитацији**



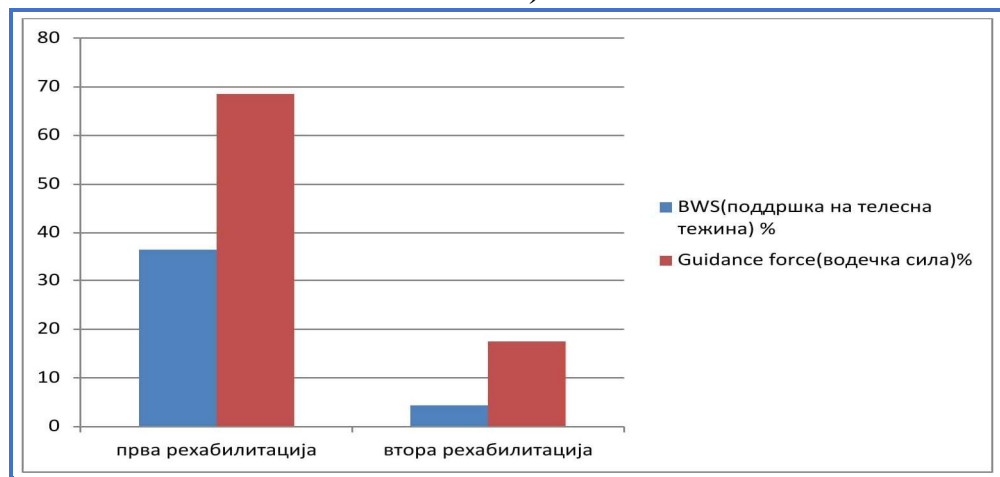
Извор: Сопствено истражување на авторите Василева, Д., и Ѓорѓиевска Димовска, Е.

**Слика 2. Приказ на промените во брзината на движење во текот на рехабилитациите**



Извор: Сопствено истражување на авторите Василева, Д., и Ѓорѓиевска Димовска, Е.

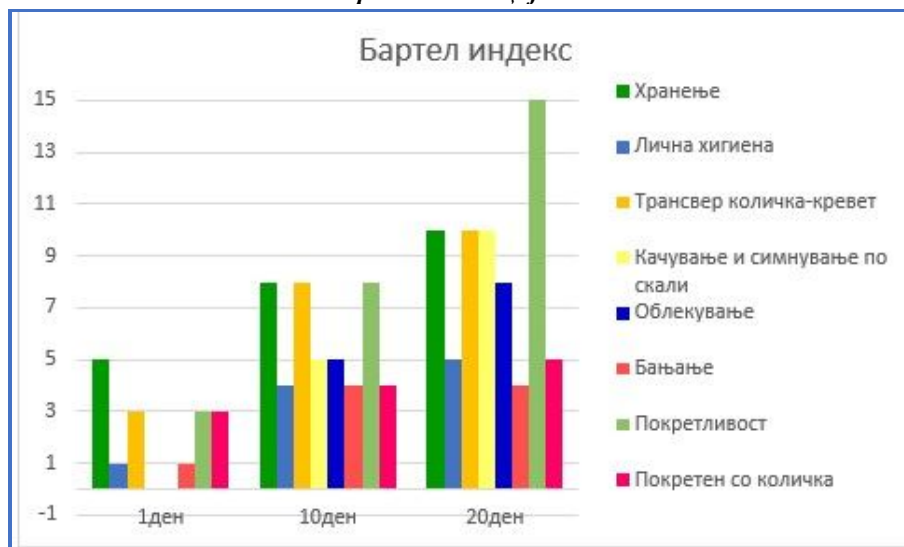
**Слика 3. Приказ на намалувањето на BWS(поддршка на телесна тежина)и Guidance force(водечка сила)**



Извор: Сопствено истражување на авторите Василева, Д., и Ѓорѓиевска Димовска, Е.

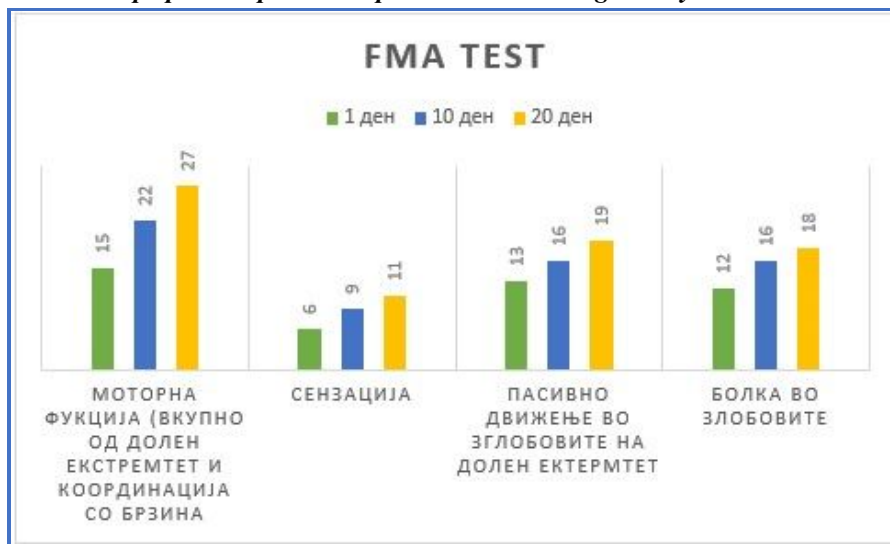
Разликите од тестовите кои се спроведени кај пациентката на првиот, десеттиот и дваесеттиот ден се прикажани на слика 4 (Bartel индекс тест) и слика 5 (Fugl – Meyer assessment тест).

**Слика 4. Графички приказ на променетите вредности според Bartel индекс по првата и по втората рехабилитација**



Извор: Сопствено истражување на авторите Василева, Д., и Горѓиевска Димовска, Е.

**Слика 5. Графички приказ на вредностите од Fugl - Meyer assessment тестот**



Извор: Сопствено истражување на авторите Василева, Д., и Горѓиевска Димовска, Е.

#### 4. ДИСКУСИЈА

Добиените и споредените резултати кои се прикажани и во графиконите укажуваат на значително подобрување во овој приказ на случај. Со споредување на добиените резултати од самиот робот асистираниот егзоскелет може да се забележи дека разликата во поминатите метри од првата во однос на втората рехабилитација покажува подобрување за 45,396%, додека зголемувањето на брзината на траката е само 6% што укажува дека пациентот за побрзо време и со поголема брзина има изодено повеќе метри. Процентуалната разлика од првата и од втората рехабилитација од поддршката на телесна тежина и водечка сила покажуваат разлика од над 100% што ни покажува дека пациентот успеал да совлада поголемо совладување на кг телесна маса и активното учествувал при движењето со робот асистираниот егзоскелет.

Бартел индекс тестот на првиот ден покажува тешка зависност на пациентот со скор од 22, во десетиот ден умерена зависност со скор од 61, а во дваесетиот ден мала зависност на пациентот со скор од 97 што означува дека самостојноста на пациентот е напредната. Fugl – Meyer assessment Тестот покажува значителна разлика во моторната функција кај долните екстремитети, и незначајно подобрување во однос на сензацијата и болката во зглобовите на долните екстремитети.

## 5. ЗАКЛУЧОК

Примената на роботска терапија во овој случај на хемиплегија покажува значително подобрување во моторната функција и самостојноста на пациентот. Унапредувањето на роботската терапија и нејзината примена во секојдневната рехабилитација заедно со другите кинезитерапевтски и физикални процедури играат голема улога во подобрување во моторната неврорехабилитација кај пациентите со хемиплегија.

## РЕФЕРЕНЦИ

- Carpaneto, J., & Micera, S. (2015). *Application of orthoses and neurostimulation in neurorehabilitation*. Oxford University Press.
- Choi, K.-S., Kwon, I.-H., & Shin, W.-S. (2023). Comparison of effects on static balance in stroke patients according to visual biofeedback methods. *Physical Therapy Rehabilitation Science*, 12(3), 320–326. <https://doi.org/10.14474/ptrs.2023.12.3.320>
- Di Tommaso, F., Tamburella, F., Lorusso, M., Gastaldi, L., Molinari, M., & Tagliamonte, N. L. (2023). Biomechanics of exoskeleton-assisted treadmill walking. *IEEE ... International Conference on Rehabilitation Robotics, 2023*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICORR58425.2023.10304685>
- Dolgirev, A., & Maltseva, N. (2020). Development of the legs fixation mechanism for Lokomat therapy training device. In *Advanced Problems in Mechanics* (pp. 81–92). Springer International Publishing.
- Esquenazi, A., & Talaty, M. (2019). Robotics for lower limb rehabilitation. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 30(2), 385–397. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2018.12.012>
- Kawahira, K., Shimodozono, M., & Noma, T. (Eds.). (2023). *Exercise therapy for recovery from hemiplegia: Theory and practice of repetitive facilitative exercise* (1st ed.). Springer.
- Kernel Networks Inc. (2019). Innovative biofeedback interface for enhancing stroke gait rehabilitation. *Case Medical Research*. <https://doi.org/10.31525/ct1-nct04013971>
- Krakauer, J. W. (2015). *The applicability of motor learning to neurorehabilitation*. Oxford University Press.
- Lünenburger, L., Colombo, G., Rienr, R., & Dietz, V. (2004). Biofeedback in gait training with the robotic orthosis Lokomat. *Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference, 2004*, 4888–4891. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2004.1404352>
- Marquez-Chin, C., Kapadia-Desai, N., & Kalsi-Ryan, S. (2021). *Brain–computer interfaces: Neurorehabilitation of voluntary movement after stroke and spinal cord injury*. Morgan & Claypool.
- Masengo, G., Zhang, X., Dong, R., Alhassan, A. B., Hamza, K., & Mudaheranwa, E. (2022). Lower limb exoskeleton robot and its cooperative control: A review, trends, and challenges for future research. *Frontiers in Neurorobotics*, 16, 913748. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.913748>
- Mehrabi, N., McPhee, J., Shourijeh, M. S., & Fregly, B. J. (Eds.). (2020). *Advances in Musculoskeletal Modeling and their Application to Neurorehabilitation*. Frontiers Media SA.
- Peng, Z., Luo, R., Huang, R., Yu, T., Hu, J., Shi, K., & Cheng, H. (2020). Data-driven optimal assistance control of a lower limb exoskeleton for hemiplegic patients. *Frontiers in Neurorobotics*, 14, 37. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2020.00037>
- Rangel, L. (Ed.). (2023). *Current progress in neurorehabilitation*. Hayle Medical.
- Reinkensmeyer, D. J., Marchal-Crespo, L., & Dietz, V. (Eds.). (2023). *Neurorehabilitation technology* (3rd ed.). Springer International Publishing.
- Smania, N., Tamburini, S., Sandrini, G., Saltuari, L., & Hoemberg, V. (Eds.). (2019). *New Advances in Neurorehabilitation*. Frontiers Media SA.
- Yang, J., Zhu, Y., Li, H., Wang, K., Li, D., & Qi, Q. (2024). Effect of robotic exoskeleton training on lower limb function, activity and participation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Neurology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1453781>
- Zhang, Y., Zhao, W., Wan, C., Wu, X., Huang, J., Wang, X., Huang, G., Ding, W., Chen, Y., Yang, J., Su, B., Xu, Y., Zhou, Z., Zhang, X., Miao, F., Li, J., & Li, Y. (2024). Exoskeleton rehabilitation robot training for balance and lower limb function in sub-acute stroke patients: a pilot, randomized controlled trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 21(1), 98. <https://doi.org/10.1186/s12984-024-01391-0>