

Zrobotyzowane urządzenia rehabilitacyjne

Wojciech Klimasara

W Polsce spośród osób w wieku produkcyjnym dotkniętych udarem mózgu tylko ok. 30 % wraca do czynnego życia zawodowego i społecznego, gdy w Europie Zachodniej i USA wskaźnik ten wynosi ok. 70 %. W przywracaniu sprawności po udarze niezwykle ważna jest prawidłowo prowadzona rehabilitacja. Celem usprawnienia jest ponowne nauczenie ruchów. W uproszczeniu można przyjąć, że proces usprawniania polega na „programowaniu” mózgu metodą uczenia. Wskutek wielokrotnego powtarzania ćwiczeń, dzięki plastyczności mięśniowo-nerwowej [2] tworzą się nowe powiązania dla żyjących neuronów.

Proces rehabilitacji decyduje o losie chorego, zatem wspomaganie właśnie tego typu procesów inteligentnymi urządzeniami mechatronicznymi (w tym robotami) jest niezwykle ważne. Prace nad budową i zastosowaniem robotów do celów rehabilitacji neurologicznej trwają od lat i są intensywnie rozwijane zwłaszcza w USA oraz wysoko rozwiniętych krajach Europy, głównie w Wielkiej Brytanii i Szwecji. Rozwój zrobotyzowanych urządzeń rehabilitacyjnych jest stymulowany postępem medycyny w rozpoznaniu zjawisk po udarze oraz jego następstw, jak również postęпами mechatroniki, w tym nowymi możliwościami techniki pomiarowej i komputerowej. Doświadczenia w stosowaniu robotów w rehabilitacji osób po udarach są bardzo obiecujące. Roboty umożliwiają diagnozowanie pacjentów oraz obiektywną ocenę postępów rehabilitacji. Jest znany i ugruntowany pogląd [5, 6, 10], że istnieje wciąż znaczący potencjał możliwości w tej dziedzinie. Powstają coraz to nowe konstrukcje i systemy inspirowane doświadczeniami klinicznymi oraz postępem mechatroniki i informatyki. Prace idą w dwóch głównych kierunkach:

- zastosowanie seryjnie produkowanych robotów przemysłowych wyposażonych w odpowiednie czujniki i sterowanie (np. robot PUMA 560), głównie w celach doświadczalnych;
- zastosowanie robotów specjalnie opracowanych do celów rehabilitacji, możliwych do instalowania również w domu chorego (np. robot MIT-MANUS).

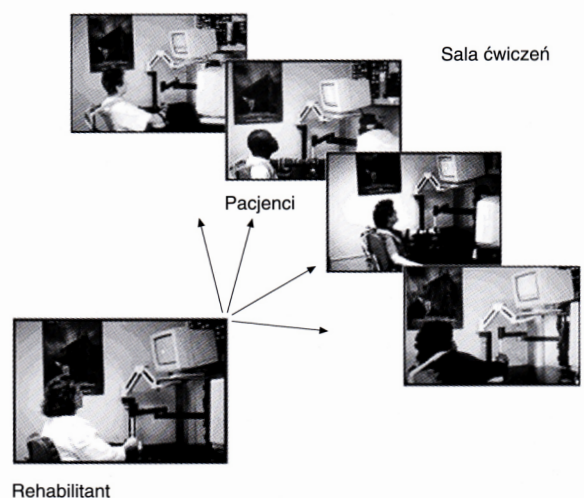
Przegląd opracowań

W USA prace badawczo-rozwojowe nad zastosowaniem robotów do usprawniania osób po udarze mózgu koncentrują się głównie w dużych, znanych ośrodkach akademickich takich jak: MIT, Harvard University, Stanford University, University of California at Irvin oraz wielu innych. Instytucje te są wspierane przez Department of Veterans Affairs (VA) i inne instytucje rządowe USA.

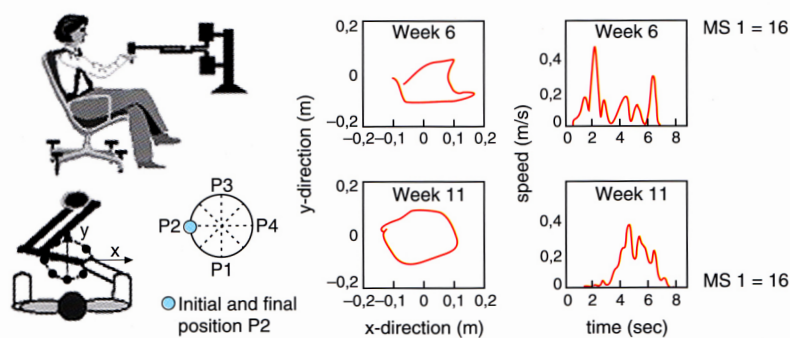
Mgr inż. Wojciech Klimasara – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, Warszawa

Robot MANUS

Robot MANUS to udany projekt zrealizowany przez MIT. Doczekał się on wersji komercyjnej opracowanej specjalnie do rehabilitacji neurologicznej. Robot ma budowę kinematyczną typu SCARA. Jego przestrzeń robocza umożliwia wykonywanie ćwiczeń w rehabilitacji neurologicznej kończyn górnych. Jest możliwa praca w trybie aktywnym bądź pasywnym. Robot jest wyposażony w układy sensoryczne umożliwiające pomiar przemieszczeń ramion oraz sił i momentów oddziałujących poprzez interfejs mechaniczny robota na rękę pacjenta. W fazie pasywnej (początkowej fazie rehabilitacji) sterowanie robota umożliwia realizację zaprogramowanych trajektorii ruchów ręki pacjenta. Robot prowadzi rękę pacjenta po zaprogramowanej trajektorii z odpowiednią prędkością przy zachowaniu (nie przekraczaniu) odpowiedniej siły oddziaływania między ręką a robotem. W fazie aktywnej ruch ramienia robota jest wymuszany ręką pacjenta. Robot „poddaje się” ruchom ręki stawiając odpowiednio nastawiony opór wiśkotyczny. Wzorcowa trajektoria ruchu jest przedstawiana na monitorze komputerowym. Pacjent stara się wykonać ruch po zadanej trajektorii. Specjalny pro-



Rys. 1. Pracę kilku robotów MANUS nadzoruje jeden rehabilitant [3]



Rys. 2. Wizualizacja wyników rehabilitacji w 6. i 11. tygodniu [3]

gram może oceniać wynik działania. Pacjent i nadzorujący go rehabilitant mogą łatwo i obiektywnie ocenić postępy pacjenta i w razie potrzeby modyfikować przebieg ćwiczenia.

MANUS od kilku lat z powodzeniem jest stosowany w szpitalach w Bostonie, White Plants oraz w Baltimore. Specjalista prowadzący sesję rehabilitacyjną może nadzorować ćwiczenia kilku pacjentów równocześnie (rys. 1), co stwarza zupełnie nowe możliwości prowadzenia rehabilitacji.

Rys. 2 obrazuje postępy pacjentki, w 6. i 11. tygodniu rehabilitacji, w odtwarzaniu zadanego i widocznego dla niej na monitorze wzorca ruchu po poziomym okręgu.

Czynnikiem motywującym pacjenta jest możliwość bieżącej oceny uzyskiwanych postępów rehabilitacji przez obserwację na ekranie monitora trajektorii ruchu wykonywanego usprawnianą ręką.

Robot PUMA

Prace nad zastosowaniem robota PUMA do rehabilitacji prowadzone przez Department of Functional Restoration, Stanford University koncentrują się na dostosowaniu do tego celu robota przemysłowego PUMA 560. Robot ten wyposażono w oryginalny sześcioośowy



Rys. 3. Robot PUMA 560 wyposażony w interfejs do rehabilitacji neurologicznej [4]

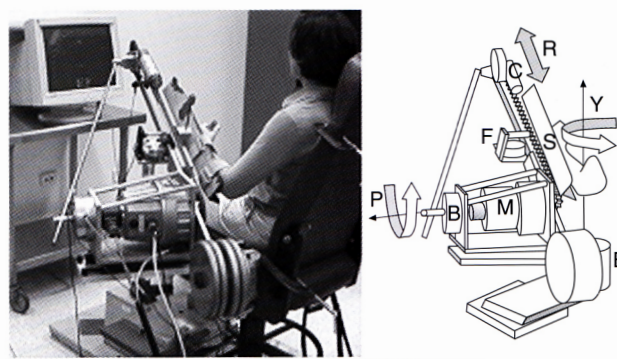
system sensoryczny umożliwiający precyzyjny pomiar sił i momentów oddziałujących na rękę pacjenta (rys. 3).

W przeciwieństwie do robota MIT-MANUS, który doczekał się wersji komercyjnej, stanowisko z robotem Puma 560 jest stanowiskiem badawczym w jednym ze szpitali w Centrum Rehabilitacyjno-Badawczym w Palo Alto w Kalifornii. Celem eksperymentu jest uzyskanie bogatego materiału statystycznego potwierdzającego tezę o wymiernych korzyściach ze stosowania robotów w rehabilitacji pacjentów.

Urządzenie ARM Guide

Ciekawym i zupełnie odmiennym konstrukcyjnie od opisanych robotów jest urządzenie AMT Guide (*Assisted Rehabilitation and Measurement Guide*) (rys. 4), opracowane wspólnie w Center for Biomedical Engineering, University of California at Irvine oraz Rehabilitation Institute of Chicago.

Urządzenie umożliwia wykonywanie ruchu w trzech stopniach swobody. Ruch w kierunku R jest wymuszany silnikiem. Oś Y umożliwia skręcanie, zaś oś P – pochylanie. Opory ruchów w tych osiach Y i P są nastawiane hamulcami B. Urządzenie jest wyposażone w system sterowania oraz bogaty program diagnostyczny umożliwiający ocenę postępów pacjenta podczas rehabilitacji.



Rys. 4. Stanowisko ARM Guide.[8]: S - prowadnica, M - silnik, B - hamulec, F - czujnik siły i momentu, C - przeciwwaga

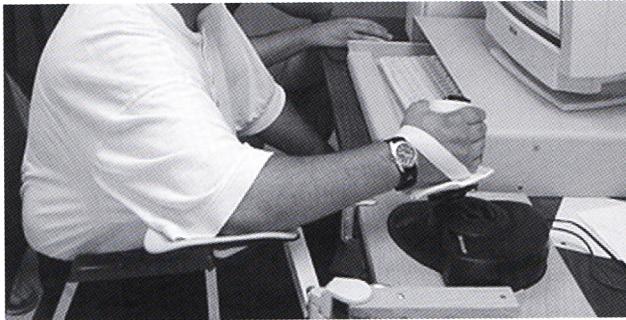
Internet

W procesie rehabilitacji neurologicznej pacjentów po udarze coraz częściej wykorzystuje się Internet, zwłaszcza do rehabilitacji pacjentów w domu. W tym celu budowane są proste i tanie roboty specjalnie do ćwiczeń ręki. Przykład takiego urządzenia przedstawiono na rys. 5. Wykorzystano tu handlowy dżojstik, w którym dokonano kilku istotnych adaptacji konstrukcyjnych. Proces rehabilitacji na formę zabawy. Pacjent realizuje ruchy wskazywane na ekranie monitora. Ograniczony zakres ruchu dżojstika nie pozwala jednak na ćwiczenia ramion.

dokończenie na s. 57

Zrobotyzowane urządzenia rehabilitacyjne

dokończenie ze s. 24



Rys. 5. Stanowisko do rehabilitacji ręki z wykorzystaniem sprzężenia zwrotnego siłowego [9]

W Europie prace są prowadzone głównie w Wielkiej Brytanii oraz w Szwecji na uniwersytecie w Lund. [1]. W ramach V Programu Ramowego Unii Europejskiej, od stycznia 2000 roku, jest prowadzony projekt REHAROB [7]. Jego realizację przewidziano na 36 miesięcy. W skład konsorcjum wchodzi badacze z Węgier, Wielkiej Brytanii i Belgii. Jednostką wdrażającą jest firma niemiecka. Koordynatorem projektu jest dr Gusztav Arz z University of Technology and Economics w Budapeszcie.

Bibliografia

1. Eftirng Hakan, Boschian Kerstin: Technical results from Manus user trials. CERTEC (Center for Rehabilitation Engineering Research), Lund University, Sweden, Department of Rehabilitation, Lund University Hospital, Sweden.
2. Leidler P.: Stroke Rehabilitation Structure and Strategy. Published by arrangement with Chapman & Hall, London 1994. Tłumaczenie na język polski: Rehabilitacja po udarze mózgu, PZWL, Warszawa.
3. Krebs H. I., Hogan N., Aisen M. L., Volpe B. T.: Robot aided neuro-rehabilitation, IEEE Trans. on Rehab. Eng. 6; 1 (1998), pp. 75 – 87.
4. Lum Peter, Van der Loos M., Shor Peggy, Burgar Ch.: A robotic system for upper-limb exercises to promote recovery of motor function following stroke. Proceedings of ICORR'99; International Conference on Rehabilitation Robotics, Stanford, CA USA.
5. MIT robots is promising tool for rehabilitation of stroke victims. MIT News 1998, USA.
6. New Techniques in Stroke Therapy. Rehabilitation Technologies- Vol. 1, Issue 2 – September, 1999.
7. REHAROB project. IST-1999-13109. Supporting rehabilitation of disabled using industrial robots for upper limb motion therapy. Project focused on developing a robotic rehabilitation system for upper limb motion therapy for patients with neuro-motor impairments.
8. Reikensmayer David J., Kahn Leonard E., Avenbruch M., Mc Kenna-Cole A., Schmit B. D., Rymer Zev: Understanding and treating movement impairment after chronic brain injury: Progress with the ARM Guide. Journal of Rehabilitation Research and Development Vol. 37 No. 6. Nov/Dec 2000.
9. Reinkensmeyer D. J., Schidt B., Rymer Zev.: Can Robots Arm Movement Recovery After Chronic Brain Injury?. A Rationale for Their Use based on Experimentally Identified.
10. Volpe B. T.: Mechanisms of neurological degeneration; Clinical Mechanisms of Motor Recovery. Proceedings of Yale University School of Medicine, 2000, USA

Streszczenia artykułów naukowych

Zrobotyzowane urządzenia rehabilitacyjne, Wojciech Klimasara — s. 23

Udar mózgu jest jedną z najczęściej występujących przyczyn niepełnosprawności i inwalidztwa. Choć przyczyny udarów i profilaktyka przeciwudarowa są już dobrze znane, istnieje potrzeba rozwijania istniejących i stosowania nowych technik rehabilitacji np. wspomaganymi robotami. W artykule dokonano przeglądu zagadnień związanych z budową oraz zastosowaniem robotów w rehabilitacji po udarze mózgu. Przedstawiono wyniki wybranych projektów badawczych, których celem było opracowanie robotów i/lub ich zastosowanie do rehabilitacji osób po przebytych udarach mózgu.

Robots in post-stroke rehabilitation, Wojciech Klimasara — p. 23
Stroke is a leading cause of disability. Although the causes of stroke are well known and it is possible to reduce their risks, there is still a need to improve rehabilitation techniques.

A new, very promising technique of motion therapy after a stroke is robot assisted rehabilitation. This paper presents a review of problems related to robot building and the robot assisted neuro-rehabilitation after stroke. The results of these selected projects focus on robot development; their use for motion therapy after stroke is discussed.