

COPILUȘI Cristian

***SISTEM MECANIC MODULAR
COMPLEX UTILIZAT ÎN
REABILITAREA COPIILOR CU
DEFICIENȚE LOCOMOTORII***



**EDITURA UNIVERSITARIA
Craiova, 2013**

Referenți științifici:
Prof.univ.dr.ing. DUMITRU Nicolae
Prof.univ.dr. RUSU Ligia

Copyright © 2013 Universitaria
Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

COPILUȘI, PETRE CRISTIAN

**Sistem mecanic modular complex utilizat în reabilitarea copiilor
cu deficiențe locomotorii / Cristian Copiluși. - Craiova :**

Universitaria, 2013

Bibliogr.

ISBN 978-606-14-0598-5

616.7-77

Această lucrare a fost finanțată din contractul POSDRU/89/1.5/S/61968, proiect strategic ID 61968 (2009), cofinanțat din Fondul Social European, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013.

This work was supported by the strategic grant POSDRU/89/1.5/S/61968 (2009), co-financed by the European Social Fund within the Sectorial Operational Program Human Resources Development 2007 - 2013.

Apărut: 2013

TIPOGRAFIA UNIVERSITĂȚII DIN CRAIOVA

Str. Brestei, nr. 156A, Craiova, Dolj, România

Tel.: +40 251 598054

Tipărit în România

Prefață

Ritmul progresului tehnologic a fost foarte lent pentru marea parte a istoriei omenirii – în trecut, o persoană ar fi putut trăi o viață întreagă fără să fie martoră nici unei schimbări semnificative. Dacă exista o direcție spre care să se îndrepte omenirea în acele timpuri, aceasta se află de fapt în afara timpului, pe tărâmul mitului sau al intervențiilor supranaturale.

În schimb, un observator al timpurilor noastre se așteaptă să fie martorul unor schimbări de natură tehnologică radicale, în doar zece ani, sau chiar mai puțin în anumite sectoare.

Cu toate că factorii externi care influențează condiția umană s-au schimbat profund și continuă să se schimbe foarte rapid, factorii interni – sau capacitățile noastre biologice de bază – au rămas mai mult sau mai puțin aceleași de-a lungul întregii istorii.

Unul dintre factorii externi care influențează condiția umană îl reprezintă apariția sistemelor computerizate, aceasta constituind pe parcurs un fundament datorită implementării și integrării lui în diverse domenii tehnologice.

*Elementul cheie care a stat la baza acestei implementări l-a constituit și încă îl mai constituie **robotul**, acesta fiind una dintre cele mai importante invenții din secolul trecut ale omenirii.*

După mai mult de 40 de ani de dezvoltare au apărut treptat roboții industriali, medicali și de alte categorii care au devenit un ajutor nelipsit pentru oameni.

Introducerea roboților în industrie s-a dovedit a fi un adevărat succes ducând astfel la automatizare, creștere productivă, și nu în ultimul rând obținerea unor calități la nivel înalt al produselor finite ce nu pot fi atinse prin realizarea directă de către factorul uman.

Având ca exemplu această evoluție a industriei, de un adevărat succes, s-a urmărit implementarea acestora și în alte domenii, unul dintre ele fiind medicina, rezultând astfel noi subdomenii de cercetare și dezvoltare cum ar fi Ingineria Medicală cu profil electric sau Ingineria Medicală cu profil mecanic.

Ingineria Medicală sau Bioingineria, este un subdomeniu multidisciplinar, ce integrează activități profesionale inginerești, cu o înțelegere a modului în care acesta funcționează atunci când este sănătos, bolnav sau accidentat. Înlocuirea articulațiilor, pacemakerul, imagistica medicală, sistemele de supraviețuire, și laserii medicali sunt doar câteva exemple de rezultate ale activității inginerilor medicali.

Subiectul acestei monografii abordează sistemele de recuperare locomotorie cu aplicabilitate asupra copiilor, care au suferit intervenții chirurgicale și necesită, recuperare postoperatorie, cei care au suferit fracturi, sau care s-au născut cu malformații congenitale ale aparatului locomotor uman.

Prezenta monografie este structurată în două părți și anume una teoretică, de documentare, experimentare, și calcul analitic, iar a doua parte cuprinde elaborarea, modelarea și simularea virtuală a două sisteme de rehabilitare a aparatului locomotor uman. În încheierea acesteia sunt prezentate cele două prototipuri finalizate și testate pe subiecții umani vizați.

Anii care s-au scurs încă de la prima documentare au însemnat mult efort și pasiune care au condus, în final – prin prezenta monografie – la o deplină și meritată satisfacție și împlinire profesională. Această lucrare însumează de la prima pagină până la ultima, multe ore de documentare, proiectare, realizare și experimentare.

De asemenea această lucrare nu ar fi putut realizată, dacă baza materială necesară cercetărilor nu ar fi fost susținută prin intermediul proiectului POSDRU/89/1.5/S/61968, ID61968(2009), co-finanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

Craiova, 2013.

Autorul

1

SISTEME DE RECUPERARE COMPLEXE UTILIZATE ÎN REABILITAREA PERSOANELOR CU DEFICIENȚE LOCOMOTORII

1.1. Generalități

Robotica de reabilitare medicală face parte dintr-un domeniu de avangardă și perspectivă a secolului 21.

Sistemele de reabilitare au la origine acele sisteme militare - exoschelete menite să mărească capacitatea umană de a se deplasa rapid, sau de a deplasa obiecte cu greutate ridicată, etc. Primul sistem de acest gen a fost creat și brevetat de către Nicholas Yagn [142, 143] în anul 1890, în Statele Unite. Acesta a fost proiectat pentru creșterea capacității de alergare umană pentru soldații din armata rusă. Având în vedere acest scop, autorul acestui brevet a utilizat în structura sistemului arcuri lamelare lungi menite să mărească forța care propulsează corpul uman în timpul efectuării unui pas, în urma pierderii contactului cu solul a membrilor inferioare. În figura 1.1. este prezentată schița unui astfel de sistem.

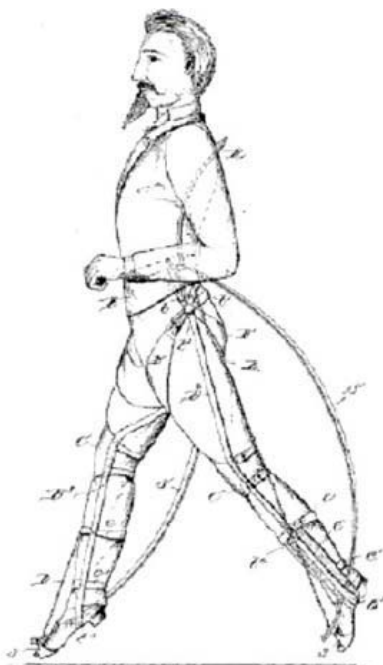


Figura 1.1. Exoscheletul paralel conceput de Nicholas Yagn [142, 143]

Alte perspective in dezvoltarea sistemelor de reabilitare complexe, datează din anii 1980, când a fost proiectat un sistem de reabilitare a animalelor (pisici), ce asigura un suport parțial al greutateii acestora și asistență a mișcării membrilor în timpul activității de pășire. Sistemul era format dintr-o bandă rulantă, prevăzută cu un ham special. Rezultatele pozitive obținute prin intermediul acestor experimente științifice s-au dovedit a fi suficient de încurajatoare pentru elaborarea unor sisteme de reabilitare a aparatului locomotor uman. Cel mai simplu sistem de recuperare a fost realizat în anul 1990, fiind destinat persoanelor cu dizabilități locomotorii provenite în urma accidentelor vasculare. Un astfel de sistem era format dintr-un ham și o bandă de alergare specială, pacientul în timpul activității de pășire fiind asistat de către 2 terapeuți (figura 1.2). Astfel numeroase centre de cercetare au elaborat diverse sisteme de reabilitare punând bazele unei noi direcții de cercetare și anume terapia robotică [82].



Figura 1.2. Unul dintre primele sisteme de reabilitare a aparatului locomotor uman [82]

În prezent numeroase centre de cercetare au dezvoltat diverse sisteme complexe de recuperare a aparatului locomotor uman, menite să contribuie la recuperarea parțială sau totală a persoanelor cu dizabilități locomotorii. Iar acestea se află într-o continuă dezvoltare.

Rolul acestora este de a contribui la recuperarea parțială sau totală a subiecților umani cu dizabilități locomotorii prin îndeplinirea sarcinilor impuse de exercițiile terapeutice elaborate prin programele de recuperare.

În așa numita terapie robotică este necesar utilizarea unui sistem robotic special proiectat astfel încât să respecte cerințele impuse prin exercițiile și protocoalele terapeutice.

În continuare vor fi analizate sistemele de recuperare comercializate dar și cele care se află într-o fază incipientă ca prototip.

1.2. STRING – MAN. Sistem robotic cu acționare prin cabluri [41]

Sistemul robotic cu acționare prin cabluri denumit STRING-MAN este un prototip, realizat de Institutul de Cercetare Fraunhofer din Berlin – Germania, cu rol în recuperarea persoanelor cu dizabilități locomotorii rezultate în urma accidentelor vasculare. Acesta a fost proiectat în vederea implementării exercițiilor terapeutice de recuperare a funcțiilor motrice și a echilibrului postural (figura 1.3).

Sistemul robotic (figura 1.4) este prevăzut cu un număr de 7 corzi (1), prin care corpul pacientului poate fi suspendat parțial sau total. Pacientul va purta un corset special (2), ce va fi ancorat prin intermediul corzilor de un cadru metalic special (3). Lungimea corzilor se poate modifica automat de către un computer prin intermediul unui sistem format din scripeți pivotanți și actuatori electrici liniari (figura 1.5).



Figura 1.3. STRING-MAN. Aspect general [41]

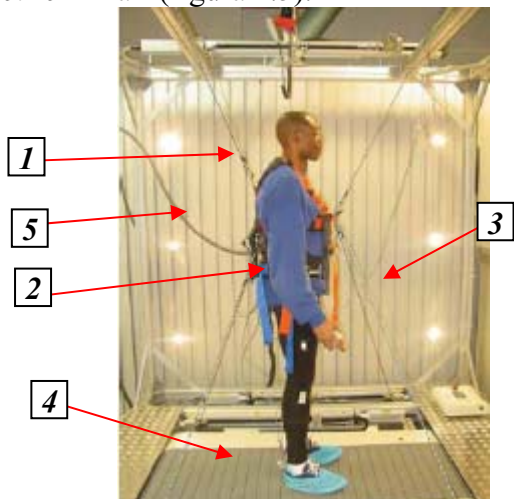


Figura 1.4. Structura robotică STRING – MAN [41]

Pacientul va putea să pășească prin intermediul unei benzi de alergare/pășire electrice (4). Mișcarea membrelor inferioare ale pacientului va fi realizată prin intermediul unor orteze speciale, ce sunt acționate de actuatori electrici

prin intermediul unor cabluri (5). Actuatorii sunt prevăzuți cu unități senzoriale care controlează și monitorizează în mod continuu lungimea corzilor prin care este ancorat pacientul. De asemenea computerul controlează pe tot parcursul exercițiilor terapeutice echilibrul kinesthetic pe 6 direcții prin intermediul modificării lungimii corzilor.

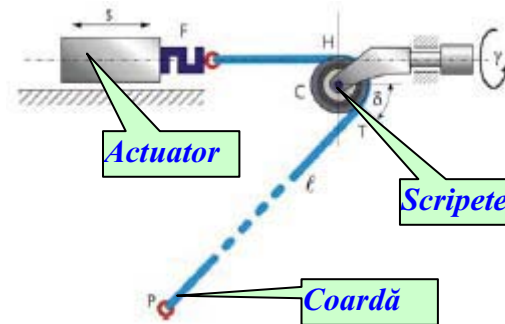


Figura 1.5. Structura sistemului de acționare cu scripeți [41]

Sistemul robotic STRING – MAN posedă următoarele caracteristici tehnice și medicale:

- o pregătire automată a pacientului, confortabilă și eficientă pentru exercițiile terapeutice incluzând fixările simple ale corsetului și ortezelor cu ridicare automată a pacientului de pe scaunul cu roțile și amplasarea acestuia pe banda de alergare/pășire;
- ajustare și calibrare automată a poziției pacientului cu personal terapeutic minim (o persoană);
- posibilitate de planificare și programare a exercițiilor terapeutice în funcție de progresul terapeutic al pacientului și de dizabilitățile locomotorii pe care acesta le posedă;
- un control dinamic și totodată programabil a greutateii aparatului locomotor uman prin ajustarea lungimii și tensiunii corzilor;
- monitorizare continuă asupra stării pacientului în timpul exercițiilor terapeutice (ritmul cardiac, contracții musculare, etc);
- înregistrarea și stocarea datelor rezultate în urma fiecărui exercițiu terapeutic în vederea evaluării progresului terapeutic;
- asigurarea unui confort și siguranță pe tot parcursul exercițiilor terapeutice;
- aducerea pacientului în poziția inițială după realizarea exercițiilor terapeutice.

1.3. Sistem robotic de recuperare a loomoției umane – LOPES [88]

Sistemul robotic numit LOPES este un prototip realizat de către cercetătorii Institutului BMTI (Institute for Biomedical Technology) din cadrul Universității din Twente – Olanda. Acesta combină mișcarea de translație liberă a centurii pelviene cu mișcările dezvoltate de un exoschelet ce conține 3 cuple de rotație motoare (două pentru șold și una pentru genunchi). Cuplele sunt controlate în așa fel încât să se poată asigura o interacțiune cu caracter mecanic bidirecțional între exoschelet și pacient.

Sistemul robotic este prezentat în figura 1.6 și se compune dintr-un cadru mobil cu rol în susținere a greutateii pacientului și a exoscheletului.

Actuatorii electrici rotativi sunt montați pe acest cadru împreună cu sursele de alimentare și unitatea de comandă și control.

Acționarea exoscheletului se face de către actuatori prin intermediul unor cabluri și a unor sisteme de amortizare prevăzute cu elemente elastice (figura 1.7).

Legătura între exoschelet și cadru se realizează la nivelul centurii pelviene care permite translația acesteia în vederea menținerii echilibrului postural. De remarcat este lipsa benzii de alergare/pășire, fapt pentru care sistemul robotic este independent față de aceasta. Exoscheletul este prevăzut cu senzori de deplasare și presiune cuplați la o unitate de comandă și control care asigură asistența pe tot parcursul exercițiilor terapeutice întreprinse.

Caracteristici tehnice și terapeutice:

- sistemul robotic este mobil fapt pentru care poate asista pacientul și în timpul activității de pășire întreprinse în afara programului terapeutic de reabilitare a loomoției umane.
- sistemul robotic nu necesită în mod continuu asistență din partea personalului medical calificat;
- permite mobilitatea la nivelul centurii pelviene;
- exoscheletul este cuplat în paralel cu membrele inferioare ale aparatului locomotor uman fiind practic universal, și nu necesită orteze personalizate pentru diferite persoane cu dizabilități locomotorii;
- reglarea și ajustarea cu ușurință a posturii umane prin intermediul unor dispozitive mecanice;
- implementarea unor exerciții terapeutice prin programarea unității de comandă și control.

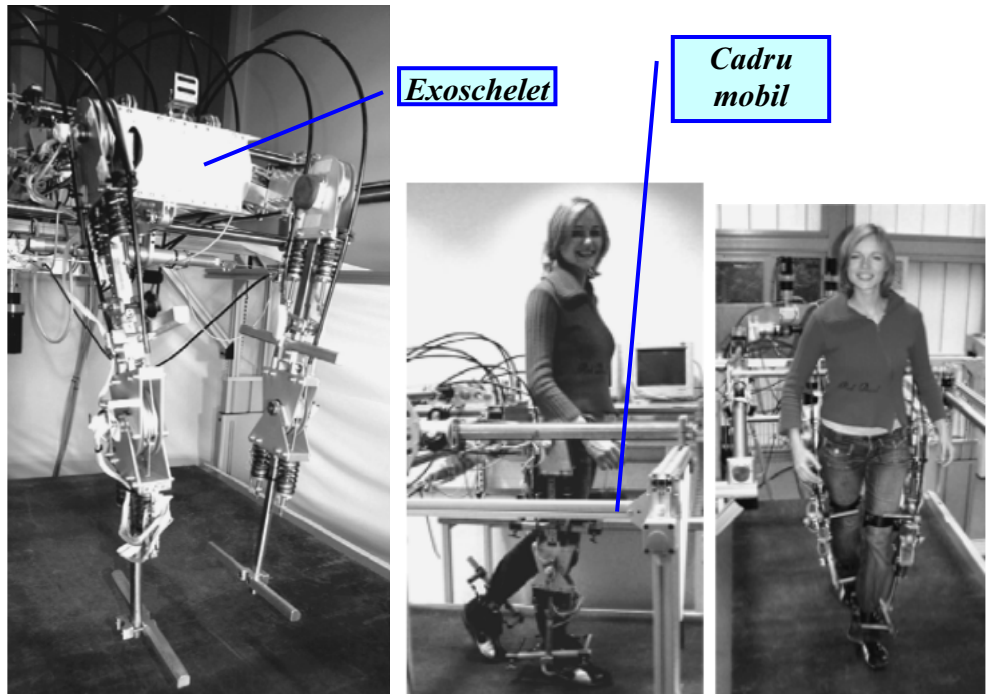


Figura 1.6. Sistemul robotic pentru recuperarea interactivă a locoțiiei umane – LOPES [88]

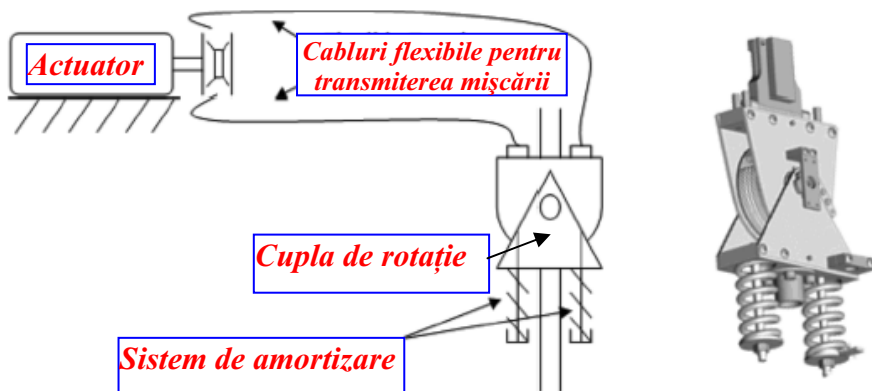


Figura 1.7. Sistemul de acționare a cuplelor din structura exoscheletului [88]

1.4. Sistem robotic de recuperare a locoțiiei umane – ALEX [12, 13]

Sistemul robotic de recuperare numit ALEX este un prototip elaborat de Centrul de Cercetare al Universității din Delaware – Germania în cadrul