



Roboty pri pacientoch

Dokážu roboty skutočne zvýšiť kvalitu fyzioterapeutických programov po boku s ich ľudskými spoločníkmi?

Andras Toth, Ivan Ermolaev



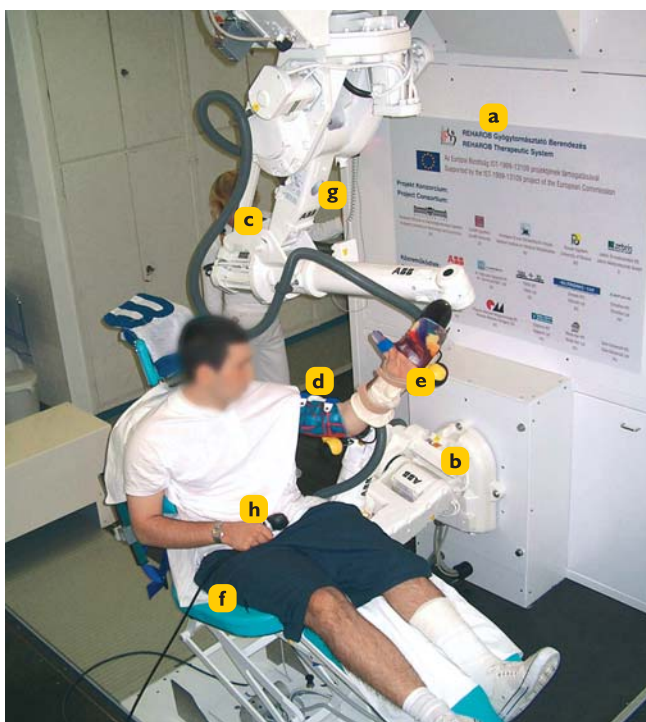
Priemyselné roboty dokážu realizovať široké spektrum trojrozmerných pohybov. Sú presné, silné, „ochotné“ a dokážu vykonať mnohé z úloh s vysokou opakovateľnosťou, ktoré sa pri fyzioterapii vyskytujú. Myšlienka využitia robotov pri asistovaní fyzioterapeutom pri liečení postihnutých končatín je veľmi zaujímavá, ale je to naozaj také jednoduché? Táto otázka sa stala predmetom výskumného projektu na báze priemyselných robotov od spoločnosti ABB. Vďaka sériovej výrobe vysoko spoľahlivých robotov sa fyzioterapia zameraná na neurorehabilitáciu s využitím robotov stala skutočnosťou.

Telesná rehabilitácia pacientov postihnutých spastickou parézou jednej strany tela je veľmi náročná úloha. Takáto paréza môže byť vyvolaná mnohými príčinami, porážkou alebo infarktom, úrazom, nádorom, sklerózou multiplex či vrodenými chybami. Najčastejším dôvodom je však porážka, ktorá sa môže skončiť trvalým postihnutím. Porážka je jednou z najčastejších neurologických porúch zasahujúcich obyvateľov Európy, z čoho 80 % postihnutých má vážne neurologické následky a 31 % potrebuje každodennú pomoc a starostlivosť. Priemerný výskyt v Európskej únii sa pohybuje na úrovni 150 až 400 prípadov na 100 000 obyvateľov s veľkými rozdielmi v závislosti od krajiny. V Holandsku je to 526 a vo Švédsku 941 prípadov na 100 000 obyvateľov. V strednej Ázii, ako aj v nových nezávislých krajinách bývalého Sovietskeho zväzu je to 600 a v USA 214 prípadov na 100 000 obyvateľov. Treba zlepšiť zdravotnú starostlivosť o týchto pacientov, a to nielen vo fáze akútnej terapie, ale aj vo fáze rehabilitácie.

Postihnutí pacienti reagujú kladne na pasívny pohyb ich poškodených končatín: mozog možno znovu naučiť, pričom sa dosiahne istý stupeň znovunavrátenia funkčnosti končatín. Pasívny pohyb horných končatín zahŕňa simultánne uchopenie lakťa a zápästia pacienta a opakované ohýbanie pacientovej končatiny počas 40 – 45 min. Tieto cvičenia by sa mali pre efektívnu rehabilitáciu opakovať dvakrát denne počas najmenej jedného mesiaca, za ktorým nasleduje niekoľko mesiacov aktívnych cvičení v kombinácii s aktívnou podporou fyzioterapeuta. Takáto úroveň starostlivosti je však často nedosiahnuteľná, avšak v prípade, keď sú pacienti pripravení začať ďalšiu fázu s fyzioterapeutmi špecialistami, liečba môže byť realizovaná za asistencie robotov.

Začiatky

História robotickej rehabilitácie sa začala v 80. rokoch minulého storočia. Pre zlé predvídateľnosť ich chybnej činnosti a ťažkopádne pohybové štruktúry boli roboty v tom čase označené za nevhodné na robotickú rehabilitáciu. Až v roku 1999 výskumníci na Technickej a ekonomickej univerzite v Budpešti prišli s myšlienkou využitia štandardných kompletných priemyselných robotov na terapiu ľudí. Projekt REHAROB bol prvým na svete, ktorý sa zamerl na využitie štandardných, veľkosériovo vyrábaných priemyselných robotov na fyzioterapiu pacientov postihnutých ochrnutím po mŕtvici alebo infarkte. Bolo založené medzinárodné konzorcium zložené z organizácií z Maďarska, Veľkej



- a) stojan
- b) priemyselný robot RB 140
- c) priemyselný robot IRB 1400H
- d) príchytky na hornú časť ramena
- e) príchytky na spodnú časť ramena
- f) ležadlo
- g) ovládací panel
- h) bezpečnostný zámok pacienta

Obr.1 Terapeutický systém REHAROB



Británie, Nemecka a Bulharska, ktoré začalo pracovať na vývoji komerčne úspešného dvojramenného robotického systému. Cieľom bolo nahradiť osobnú, trojrozmernú pohybovú terapiu horných končatín pre pacientov postihnutých ochrnutím a iných druhov postihnutí končatín. Spoluzakladateľom projektu bola Európska komisia a jej členovia, pričom na zvyšnej časti projektu participoval Maďarský výbor lekárskeho výskumu.

Terapeutický systém REHAROB

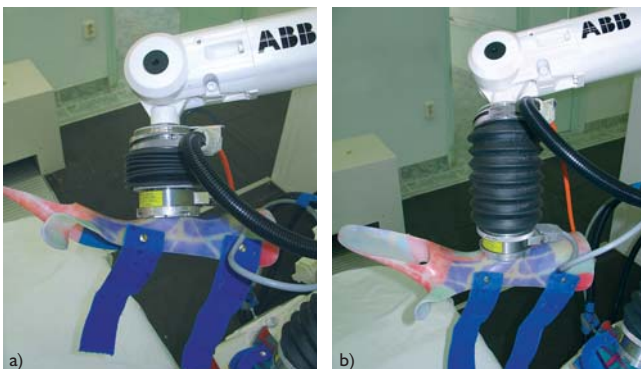
Komerčný úspech tohto projektu bude závisieť od použitia komerčne dostupných subsystémov. Preto bol systém REHAROB vyvinutý na báze dvoch vzájomne spolupracujúcich priemyselných robotov spoločnosti ABB, ktoré môžu byť naprogramované na základe vedenia robotického ramena človekom (tzv. učenie), a to s využitím merania sily a krútiaceho momentu. Tieto roboty sú znovuprogramovateľné manipulátory, ktoré dokážu prenášať súčiastku alebo nástroj po vopred definovanej dráhe, definovanou rýchlosťou a orientáciou. Tieto schopnosti možno v rámci terapeutického procesu využiť na pohyb ruky pacienta, avšak v tomto prípade treba ešte riešiť ďalšiu problematiku otázku, a to bezpečnosť pacienta a operátora. Preto boli jednotlivé komponenty terapeutického systému REHAROB vybrané z certifikovaných, spoľahlivých a sériovo vyrábaných zariadení, pričom celý systém bol dovybavený viacnásobnými a redundantnými bezpečnostnými prvkami. Vývojový tím REHAROB-u navyše obmedzil maximálnu rýchlosť robotov z 3 m/s na 0,25 m/s.

Na obr. 1 je zobrazený terapeutický systém RHAROB a na obr. 2a sú zobrazené zákaznicky vytvorené príchytky, ktoré držia hornú a dolnú časť ramena pacienta počas terapie. Tieto príchytky sú vybavené štandardným silovo-momentovým prevodníkom so šiestimi stupňami voľnosti a bezpečnostným blokovacím mechanizmom, ktorý môže byť od-blokovaný núdzovým signálom buď od pacienta, fyzioterapeuta, alebo od systému. Stroj odpovedá okamžitým odpojením pacientovej končatiny od robotov. Končatiny zostávajú naďalej v príchytkách, ako je to vidno na obr. 2b.

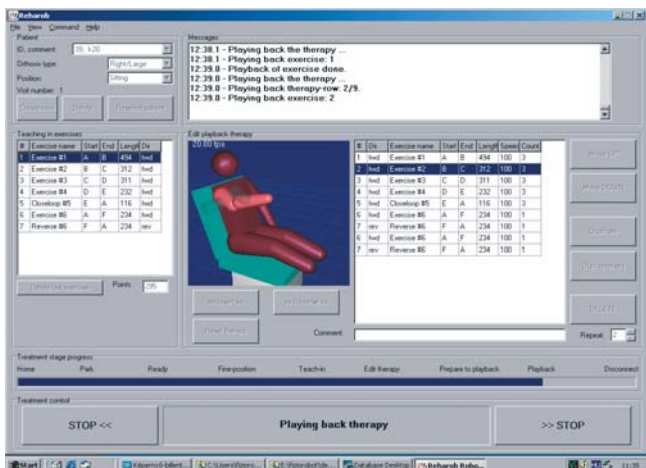
Terapia pomocou robotov sa skladá z troch hlavných krokov: fyzioterapeut naprogramuje roboty pomocou vedenia na niekoľko základných cvičení, a to priamo za účasti pacienta. Individuálne cvičenia sa potom upravujú tak, aby plnili potreby konkrétneho pacienta, čím sa vytvorí komplexný a pre konkrétneho pacienta prispôsobený terapeutický program. V treťom kroku robot prejde celý program, pričom fyzioterapeut môže ešte zmeniť smer, rýchlosť a počet opakovaní pre každý naprogramovaný krok (obr. 3). Nakoľko pacient je už priamo prítomný v tejto fáze, každý terapeutický režim je perfektne prispôsobený jeho potrebám a terapeutický systém REHAROB dokáže vykonávať celý program bez osobného dohľadu lekárskeho personálu.

Všetci účastníci, ktorí si už systém REHAROB vyskúšali, vykázali významné pokroky ich zdravotného stavu vzhľadom na počet poškodení a telesných chýb. Pacienti považujú robotické cvičenia za efektívne a upokojujúce rovnako ako manuálnu pasívnu terapiu.

Roboty sú síce veľmi flexibilné produkty, ale od ich nasadenia ako súčasť terapeutického systému REHAROB a vzájomnej spolupráce sa vy-



Obr.2 Príchytka na hornú a dolnú časť končatiny v systéme REHAROB



Obr.3 Grafické rozhranie terapeutického systému RHAROB tak, ako ho vidí obsluha

skytli niektoré obmedzenia týkajúce sa výšky a hmotnosti pacienta. Pacient nesmie vážiť viac ako 150 kg a jeho výška musí byť medzi 160 a 190 cm. Výškové obmedzenie nie je dané nejakými bezpečnostnými hľadiskami, ale obmedzeným pohybom robotickú ruku: ak je totiž pacient veľmi nízky alebo príliš vysoký, robotická ruka nebude schopná vykonať požadované spektrum pohybov pre daný terapeutický program. Takýto problém by bol identifikovaný terapeutovi aj na strane programu signálom „mimo rozsahu“ vo fáze „učenia“ robota.

Klinické skúšky

Klinické skúšky terapeutického systému REHAROB sa uskutočnili v Národnom inštitúte pre lekársku rehabilitáciu v Budapešti v súlade s Helsinskou deklaráciou o etických aspektoch lekárskeho výskumu týkajúceho sa ľudských bytostí, ako aj za účasti miestnych a národných vedeckých a výskumných výborov pre etiku. Prvá skúška, ktoré sa uskutočnila v trvaní štyroch mesiacov, ukázala, že robotický terapeutický systém pracuje bezpečne a spoľahlivo, že pacienti sa nebáli kontaktu s robotmi a že terapeutickí pracovníci nemali problém naučiť sa ovládať tento systém. Na fyzioterapeutických cvičeniach (20 cvičení v trvaní 30 min.) vedených 240 robotmi sa zúčastnilo dvanásť účastníkov s rôznym stupňom postihnutia. Všetci pacienti vykázali významné pokroky ich zdravotného stavu vzhľadom na indikáciu počtu poškodení a telesných chýb. Sledované indikátory zahŕňali meranie pohybového rozsahu pacienta, funkčnej nezávislosti, mieru svojpomoci a Barthelov index každodenných činností. Na základe výsledkov tejto prvej skúšobnej etapy sa systémový regulátor sily, grafické používateľské rozhranie, príchytka a blokovací systém pacienta upravili pre nový projekt s názvom FIZIOROBOT. Na preskúmanie efektívnosti nového systému bola vypracovaná kontrolná klinická štúdia pre FIZIOROBOT zohľadňujúca rovnaké eticky prijateľné procedúry, aké boli použité počas skúšobnej prevádzky. V rámci tohto prieskumu bolo 30 pacientov s rôznym rozsahom paralýzy časti tela náhodne rozdelených do dvoch skupín po 15 ľudí, do robotickej a kontrolnej skupiny. Členovia robotickej skupiny absolvovali navyše 30 minút Bobathových terapií vedených robotom v každom z nasledujúcich 20 dní. Bobathova terapia je známy interdisciplinárny prístup k liečbe pacientov s poruchou motorických funkcií zapríčinených poškodením mozgu alebo miechy. Títo pacienti tak v kombinácii absolvovali 150 hodín terapií vedených robotom, počas ktorých sa nezaznamenala



Obr.4 Pacient podstupujúci fyzioterapiu vedenú robotom v Národnom inštitúte lekárskej rehabilitácie v Budapešti

ani jedna nepriaznivá udalosť. Na vyhodnotenie efektivity cvičení sa merali rôzne parametre. Významný pokrok sa dosiahol v oboch skupinách pri zmene Ashworthovho skóre (šestibodová hodnotiacia stupnica používaná na hodnotenie pružnosti svalu) napínacieho svalu ramena, pričom pokrok s vyšším hodnotením bol viditeľný v robotickej skupine. Pri laktóvom ohýbači sa skóre po rehabilitácii u kontrolnej skupiny nezmenilo, zatiaľ čo malý pokrok sa dosiahol pri robotickej skupine, pričom táto zmena nebola štatisticky významná. Záverečné výsledky napriek tomu teda ukázali, že pri väčšine meraných parametrov boli dosiahnuté výsledky robotickej skupiny vyššie (mali vyššie hodnoty) ako výsledky z kontrolnej skupiny.

Budúcnosť systému REHAROB

Systém sa v súčasnosti vybavuje novým regulátorom od spoločnosti ABB: jednoduchá viacosová riadiaca jednotka IRC5 bude nahradená dvomi regulátormi S4C Plus. Ďalšou úlohou bude získanie certifikátu od maďarskej certifikačnej autority ORKI, ktorý umožní používanie systému na pravidelnú robotickú terapiu. Na základe výsledku druhej kontrolnej prevádzky, ktorá by sa mala realizovať v priebehu roku 2007, očakáva Dr. Gusztav Arz, koordinátor projektu REHAROB, jeho ďalšiu optimalizáciu a prípravu pre veľkosériovú výrobu. Pred uvedením systému na trh bude zrealizovaný podrobný prieskum trhu. Ako poznamenal Dr. G. Arz, „boli navrhnuté prvé plány predaja systému REHAROB, ale je pravdepodobné, že pre jeho veľkosériovú výrobu a marketing budú potrebné externé finančné prostriedky“.

Roboty tiež pomáhajú sledovať pokroky každého pacienta zhromažďovaním detailných záznamov z cvičení a pacientových reakcií.

Terapeutický systém REHAROB ponúka potenciál pre biomechanické a fyzioterapeutické liečenie horných končatín na báze inteligentnej fyzioterapie. Úlohou robotov nie je len náhrada fyzioterapeuta, ale skôr zväčšenie rozsahu liečebných možností. Roboty tiež pomáhajú sledovať pokroky každého pacienta zhromažďovaním detailných záznamov z cvičení a pacientových reakcií. To pomáha zjemňovať liečebné postupy a mohlo by to pomôcť aj pri vývoji rehabilitačných stratégií pre iné neuromotorické poruchy. Cieľom ďalšieho výskumu bude vývoj nových liečebných postupov, a to hneď po získaní lekárskeho certifikátu a následne sa bude systém REHAROB využívať pri pravidelných klinických úkonoch.

Podakovanie

Tento článok bol sčasti podporený Európskou úniou v rámci Grantu IST-199-13109 a maďarským Výborom pre lekárske výskum v rámci Grantu ETT-073/2003 FIZIOROBOT.

Literatúra

- [1] www.wma.net/e/policy/b3.htm
- [2] Bobath B. Adult Hemiplegia: Evaluation and Treatment. 3rd edition. Butterworth-Heinemann. Oxford. 1990

Prevzaté z ABB Review, č. 3/2006.

Andras Toth

Andras Toth je samostatným výskumným pracovníkom na Katedre výrobného inžinierstva na Technickej a ekonomickej univerzite v Budapešti. Jeho profilácia sa orientuje na neštandardné využívanie robotov a ich uplatnenie v biomedicínskych a záchranárskych aplikáciách a pri likvidácii bômb. Viac informácií možno získať na <http://rehab.manuf.bme.hu>.

Andras Toth

Technická a ekonomickej Univerzita v Budapešti Maďarsko

Ivan Ermolaev

Divízia robotiky, ABB Moskva, Rusko

