

ROBOTI ZA REHABILITACIJO PO MOŽGANSKI KAPI

Domen Novak, docent na področju elektrotehnike

UVOD

Ena od najbolj pogostih posledic možganske kapi so oslabiljene gibalne sposobnosti. Lahko se še tako trudimo, vendar nas roka ali noga preprosto ne uboga. Da jo znova ukrotimo, je potrebna redna intenzivna in dolgotrajna terapija. To terapijo običajno izvaja fizioterapevt ali delovni terapevt, vendar pa terapevtov po svetu kronično primanjkuje. Nedavne raziskave so na primer pokazale, da v večini ameriških rehabilitacijskih centrov bolniki po možganski kapi veliko časa preprosto "posedajo", saj ni terapevtov, ki bi se z njimi ukvarjali. Poleg tega je terapija pogosto zelo utrujajoča za terapevta, saj le-ta pomaga pri premikanju bolnikovih udov. Kako torej lahko razbremenimo terapevte in zagotovimo, da bolniki po kapi dobijo terapijo, ki jo nujno potrebujejo?

Zelo obetavna rešitev so, verjeli ali ne, rehabilitacijski roboti. Robot se namreč ne utruje in lahko bolniku štiriindvajset ur na dan pomaga pri vadbi. Sicer še zdaleč ni tako pameten kot človeški terapevt, vendar pa lahko učinkovito pomaga, kadar terapevt ni na voljo.

REHABILITACIJSKI ROBOTI ZA ROKE IN NOGE

Prvi rehabilitacijski robot na svetu je bil ameriški MIT Manus, ki je imel obliko dolge robotske roke. Bolnik po kapi je robota prijel za roko, nato pa sta skupaj opravila gib. Osnovni koncept prijemanja bolnika se je skozi leta ohranil, vendar pa so inženirji na tem področju v relativno kratkem času dosegli mnogo izboljšav. Prvi MIT Manus je na primer podpiral samo gibe v vodoravni ravnini (na mizi), novejši roboti pa podpirajo tudi gibe roke navzgor in navzdol. Trenutno najbolj napreden robot za rehabilitacijo rok je švicarski ARMin, ki ima obliko eksoskeleta: bolnik celotno roko vstavi v robota, ki nato lahko ločeno podpira gibe vsakega sklepa.



MIT Manus



ARMin

Viri: Hermano Krebs, Massachusetts Institute of Technology in Robert Riener, ETH Zurich

Roboti se tudi ne omejujejo samo na rehabilitacijo rok: roboti za rehabilitacijo nog so se pojavili le nekaj let za MIT Manus-om in se v posodobljeni, komercialni obliki uporabljajo še danes. Najbolj znan robot za rehabilitacijo nog je Lokomat (Hocoma, Švica). Bolnik hodi po tekočem traku, medtem ko je njegov trup pripet na ogrodje nad njim, kar preprečuje padce. Bolnikove noge so vpete v eksoskelet, ki z močnimi motorji podpira gibe nog po naravnem ritmu hoje.



Lokomat. Vir: Hocoma AG.

Rehabilitacijski roboti so se tako skozi leta preobrazili v eksoskelete, ovite okoli bolnikovih rok in nog. Razvoj strojne opreme pa se ni zaključil tu: trenutno se raziskave osredotočajo predvsem na prenosljive robote. Obstoječi roboti so namreč zelo težki in potrebujejo zunanji vir napajanja, zato jih bolnik ne more nesti s seboj. Prenosljiv robot bi bolnika lahko podpiral med opravljanjem vsakdanjih opravil doma ali na terenu in bi tako omogočal terapijo kjerkoli in kadarkoli.

PAMETNA POMOČ BOLNIKU

Še tako močan in prenosljiv rehabilitacijski robot je žal popolnoma neuporaben, če nima pametne programske opreme. Prvi rehabilitacijski roboti so na primer znali opraviti celoten gib namesto bolnika, vendar so raziskave hitro pokazale, da robot ne sme preveč pomagati: če se bolnik preveč navadi pomoči, se bo prepustil "razgibavanju" in od vadbe ne bo odnesel prav veliko. Morda prvi velik dosežek na področju programiranja rehabilitacijskih robotov so tako bile metode pomoči po potrebi (angl. "assist as needed"). To so napredni programi, s katerimi robot oceni, ali se bolnik trudi po svojih najboljših močeh in pomaga le toliko, kot je nujno potrebno

za uspešno opravljanje vadbe. Bolnika, ki se res trudi, a ne zmore opraviti giba, tako robot lahko ob pravem trenutku potisne. Bolniku, ki zaradi oslabiljene koordinacije ne zmore dvigniti roke, pa lahko robot dvigne roko na pravo višino in mu nato dovoli prosto gibanje na tej višini. Roboti, oboroženi s takimi metodami, so bili preizkušeni v velikih kliničnih raziskavah, kjer so se odrezali skoraj tako dobro kot človeški terapevti.

Nadgradnja metod pomoči po potrebi so metode, ki vsakih nekaj minut prilagajajo težavnost vadbe. V najpreprostejšem primeru prilagajanje poteka na podlagi uspešnosti pri vadbi: če bolnik dovolj hitro in uspešno opravi vse zadane naloge, bodo naslednje naloge bistveno težje. Bolj napredni roboti znajo naloge prilagajati tudi na podlagi bolnikovega počutja. Če ima bolnik na primer zelo visok srčni utrip in se močno znoji, bo robot to zaznal in zmanjšal zahtevnost vadbe. Tako robot zagotovi, da se bolnik prehitro ne utruji in lahko dlje časa uspešno vadi. Najnovejši prototipi rehabilitacijskih robotov znajo celo razmišljati več dni in tednov naprej ter bolniku vsak dan pripravijo različno nalogo, prilagojeno njegovim trenutnim gibalnim sposobnostim, tako kot bi to opravil človeški terapevt.

"NAGAJANJE" BOLNIKU

Metode pomoči po potrebi so se izkazale za zelo uspešne v primeru bolnikov z močno oslabiljenimi gibalnimi sposobnostmi, vendar pa imajo bistveno slabost: ljudje se učimo iz napak, zato uspešno opravljanje vadbe z robotsko pomočjo lahko zavira učenje gibov po kapi. Kot nasprotje robotski pomoči je tako nastala metoda ojačanja napak (angl. "error augmentation"). Robot v tem primeru bolj nagaja kot pomaga bolniku, saj ga nepredvidljivo potiska v napačno smer, vmes ko bolnik poskuša opraviti gib. Ta nepredvidljivost je lahko zelo poučna, saj se tako bolnik nauči reagirati na neželene motnje.

Najnovejše klinične raziskave so pokazale, da je povečevanje napak lahko bolj učinkovito od robotske pomoči, vendar predvsem pri lažje prizadetih bolnikih. Močno oslabiljeni bolniki giba že tako ali tako niso zmožni opraviti, zato jim dodatno nagajanje ne pomaga. Najnovejše klinične raziskave zdaj ugotavljajo, kako bi lahko robot med terapijo učinkovito preklapljal med pomočjo po potrebi in ojačenjem napak, ter tako zagotovil dolgoročno okrevanje.

MOTIVACIJA ZA VADBO

Seveda ima terapevt določene sposobnosti, ki jih rehabilitacijski robot vsaj za zdaj še ni zmožen. Terapevt na primer lahko spodbuja bolnika in ga motivira za vadbo, medtem ko je vadba z rehabilitacijskim robotom lahko precej dolgočasna. Da bi vseeno malo poživili vadbo, so inženirji pričeli razvijati rehabilitacijske "igre", povezane z robotom. Bolnik ima tako pred seboj ekran in z gibanjem rok in nog igra igro, prikazano na ekranu. Te igre lahko predstavljajo realistične situacije, s katerimi se bolnik srečuje v resničnem življenju, ali pa popolnoma fantastične scenarije. Primer realistične situacije je kuhanje, kjer bolnik s premikanjem rok v robotu pobira in prenaša različne sestavine. Primer bolj fantastične situacije je potapljanje, kjer se bolnik s hojo po tekočem traku premika po dnu navideznega morja in lahko opazuje eksotična bitja, ki plavajo okoli njega. Raziskave kažejo, da je vadba z robotom in igrami bistveno bolj učinkovita kot samo z robotom, saj igre zvišajo bolnikovo motivacijo in ga spodbudijo k intenzivnejši vadbi.



Rehabilitacijske igre: kuhanje



Potapljanje Vir: ETH Zurich, Švica

Posebni specializirani roboti nudijo še posebej zanimive rehabilitacijske igre. Primer so roboti za dvoročno vadbo, ki obenem podpirajo obe roki in nudijo trening koordinacije obeh rok. Z njimi lahko bolnik v igri vozi avto ali celo letalo. Drug primer so roboti, ki omogočajo vadbo več bolnikom hkrati. Dva bolnika lahko tako tekmujeta med seboj ali pa sodelujeta pri opravljanju kompleksnejšega opravila (npr. sestavljanje igrače). Tekmovanje oz. sodelovanje se je izkazalo za zelo učinkovit način motiviranja bolnikov, vendar so se takšni roboti pojavili šele nedavno in še niso bili preizkušeni v kliničnih raziskavah. Vseeno pa se bo verjetno vsakdo strinjal, da je bolj zabavno vaditi v dvoje kot sam!



Dvoročna rehabilitacija. Vir: Laboratorij za robotiko, Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani.



Dva bolnika tekmujeta v rehabilitacijski igri. Vir: avtor članka.

TELEREHABILITACIJA

Večina rehabilitacijskih robotov je namenjenih uporabi v bolnišnicah, kjer izurjeno medicinsko osebje spremlja vsak trenutek terapije. Žal pa nimajo vsi bolniki dostop do drage bolnišnične oskrbe, še posebej v ZDA, kjer veliko bolnikov živi v odročnih krajih ameriškega zahoda. Tako vedno bolj popularna postaja ideja telerehabilitacije: bolnik ima rehabilitacijskega robota na domu in z njim večino časa vadi sam, občasno pa se z njim prek Interneta poveže terapevt, ki je lahko tudi več sto kilometrov oddaljen. Terapevt pregleda zapisnik vadbe, shranjen na robotu in predlaga spremembe v vadbi. Če ima terapevt v bolnišnici svojega lastnega robota, lahko celo prek Interneta bolniku pokaže, kako pravilno vaditi: v bolnišnici izvede gib v svojem robotu, ta informacija pa se prenese do bolnikovega robota, ki ponovi gib in bolniku omogoči učenje na daljavo.

Telerehabilitacijski roboti žal še niso zelo razširjeni zaradi previsoke cene. Že omenjeni MIT Manus trenutno stane približno devetdeset tisoč ameriških dolarjev, kar je bistveno preveč za uporabo na domu. Vedno hujšo konkurenco na trgu mu sicer delajo nizkocenovni roboti, ki dandanes stanejo "samo" kakih pet tisoč dolarjev – še vedno preveč za uporabo na domu. Predvidevajo pa, da se bo ta številka kmalu znižala na dva tisoč dolarjev. Tako bo morda kmalu vsak kapnik doma imel svojega telerehabilitacijskega robota!

SLOVENCİ IN REHABILITACIJSKA ROBOTIKA

Na svetu sta dva velika "centra" rehabilitacijske robotike: Boston (ZDA) in Zurich (Švica). To pa ne pomeni, da manjše države ne morejo prispevati k temu zanimivemu področju! Še posebej Slovenci smo k razvoju teh robotov veliko doprinesli. Tako Lokomat kot ARMin že skoraj od vsega svojega začetka vključujeta inovacije slovenskih raziskovalcev, ki so takrat delali v Švici. Tudi v Sloveniji sami je rehabilitacijska robotika močna. Ljubljana premore dve raziskovalni skupini na tem področju: eno na Fakulteti za elektrotehniko (prof. Munih) in drugo na Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu (prof. Matjačić). Celo trenutni predsednik Slovenske akademije znanosti in umetnosti, prof. Tadej Bajd, je "veteran" rehabilitacijske robotike.

Ne samo akademiki, marveč tudi industrija se zanima za rehabilitacijsko robotiko. Švicarsko podjetje Hocoma AG, ki je nedvomno največji proizvajalec rehabilitacijskih robotov na svetu, je v Sloveniji odprlo podružnico, ki zelo uspešno pokriva vzhodno Evropo in dele Azije. Iz ljubljanske Fakultete za elektrotehniko se je tudi rodilo podjetje Kinestica d.o.o., ki v Sloveniji razvite tehnologije uspešno prodaja po celem svetu. Ko se bo pisala zgodovina rehabilitacijske robotike, bo tako Slovenija ponosno stala ob strani ZDA, Švici in drugim velikim državam.

ZAKLJUČEK

Rehabilitacijski roboti sicer še niso popolni, vendar pa postajajo vedno bolj popularni po celem svetu. Leta 2014 so ti roboti na trgu ustvarili 43 milijonov dolarjev prometa, napovedi pa kažejo, da se bo številka do leta 2020 povečala na 1,8 milijarde dolarjev letno. Roboti postajajo vedno bolj kompleksni, z močnejšimi motorji, natančnejšimi senzorji in pametnejšo programsko opremo. Kdo ve, morda bodo kdaj postali celo tako pametni, da bodo popolnoma nadomestili človeške terapevte? No ja, do takrat bo verjetno preteklo še veliko časa, vseeno pa lahko bolnikom že zdaj uspešno pomagajo pri vadbi v bolnišnici in na domu ter jim tako zagotovijo hitrejše in kvalitetnejše okrevanje po možganski kapi.