

Jauns un inovatīvs robottehnoloģijas izaicinājums neirorehabilitācijā Latvijā

Anda Nulle, fizikālās un rehabilitācijas medicīnas ārste, ģimenes ārste.
Nacionālais rehabilitācijas centrs "Vaivari". Eiropas medicīnas speciālistu apvienības Fizikālās un rehabilitācijas medicīnas sekcijas Klīnisko prasmju komitejas prezidente.
Latvijas ārstu rehabilitologu asociācijas vadītāja

Rehabilitācija veselības aizsardzības sistēmā ir pasākumu kopums, kas palīdz optimālu funkcionēšanu mijiedarbībā ar vides apstākļiem sasniegt indivīdam ar nespēju, kas radusies slimības, traumas, novecošanās dēļ. Rehabilitācija nozīmē visu līdzekļu izmantošanu, lai mazinātu nespējas un invaliditātes paliekošo ietekmi un veicinātu cilvēkus ar nespēju sasniegt optimālu fizisku, emocionālu, intelektuālu, psiholoģisku un sociālu funkcionēšanu. [1]

Rehabilitācija mainās un attīstās, papildinoties ar aizvien jaunām intervencēm un rīkiem. Populācijas novecošanās, medicīnas un zinātnes attīstība, kā arī pieaugošās prasības pēc dzīves kvalitātes, neizbēgami rada lielāku nepieciešamību pēc rehabilitācijas. Savukārt vajadzības pēc efektivitātes veselības aizsardzībā, kā arī cilvēkresursu deficīts liek rehabilitācijā meklēt un ieviest arvien jaunus tehnoloģiskus risinājumus.

Visu līdzekļu izmantošana nozīmē arī ātri augošās robottehnoloģijas izmantošanu rehabilitācijas mērķu sasniegšanai.

ASV Robotu Institūts par robotu sauc programmējamu, daudzfunkcionālu manipulatoru, kas paredzēts materiālu, daļu vai specializētu ierīču pārvietošanai, izmantojot mainīgas ieprogrammētas kustības dažādu uzdevumu veikšanai. Robotika medicīnā un rehabilitācijā nozarē nozīmē, ka, mijiedarbojoties tehnoloģiju un medicīnas zinātņu sa-

sniegumiem, tiek meklēti un atrasti jauni risinājumi sistēmām, kas ļauj kontrolēt kustību un spēku noteiktu uzdevumu veikšanai. Robotika nodrošina saikni starp uztveri un darbību.

Rehabilitācijā tiek izmantotas 2 veidu robottehnoloģijas:

- terapeitisks rīks rehabilitācijas procesā;
- kompensējošs, asistējošs palīgīdzeklis ikdienā.

Šajā rakstā pievērsīšos pirmajām robottehnoloģijām.

Terapijā izmantojamie roboti ir paredzēti kā papildinošs rehabilitācijas līdzeklis pacienta traucēto funkciju trenēšanai vai novērtēšanai, izmantojot speciālas programmatūras. Roboti ļauj veikt arī ticamus fizisko īpašību kvantitatīvus mērījumus plašā variāciju diapazonā. Mērījumi tiek veikti tādā ātruma, precizitātes, jaudas un izturības līmenī, kas nav sasniedzams cilvēkam. Uzti-

camība un precizitāte atkārtotu uzdevumu izpildē robotiem ir ļoti augsta. Taču robotiem, pretēji cilvēkiem, trūkst elastības un pielāgošanās spēju, kā arī no programmatūras neatkarīgas (neieprogrammētas) komunikācijas un augsta līmeņa informācijas apstrādes. Robotu un cilvēku mijiedarbība kompensē abpusējos ierobežojumus, vienlaikus gūstot labumu no katra specifiskām priekšrocībām.

Rehabilitācijas robotu attīstības vēsture

Rehabilitācijas robottehnoloģiju attīstība saistāma ar pagājušā gadsimta 90-to gadu sākumu, kad Masačūsetas Tehnoloģiju institūtā izgudroja klīniskajā praksē izmantojamu augšējās ekstremitātes robotu *MIT-MANUS* [2], ar kura palīdzību var veikt pleca un elkoņa kustības horizontālā plaknē (skat. 1. attēlu), bet Čikāgas Rehabilitācijas institūtā izveidoja trijās dimensijās kustīgo rokas gidu (*ARM – Guide* jeb *Assisted Rehabilitation and Measurement Guide*) (skat. 2. attēlu), kā tika uzsākti pētījumi šajā jomā [3].

Apakšējo ekstremitāšu robottehnoloģiju

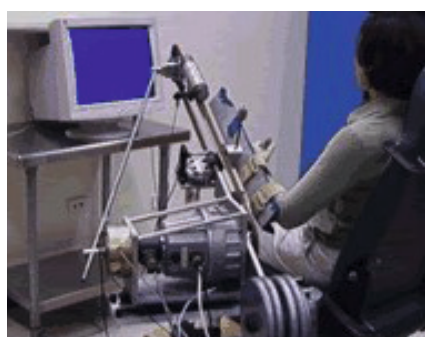
1. attēls

Augšējās ekstremitātes robots *MIT-MANUS*



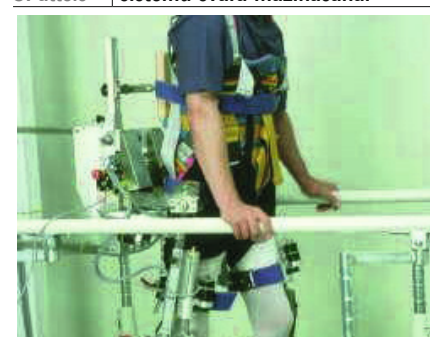
2. attēls

Trijās dimensijās kustīgais rokas gids



3. attēls

Locomat priekštecis ar kāju ortozēm skrejceļu un iekāres sistēmu svara mazināšanai



aizsākumi ir meklējami pagājušā gadsimta 90 gadu nogalē, kad Šveicē, Cīrihes Balgrista universitātes Rehabilitācijas klīnikā tika izgudrots mūsdienu gaitas treniņierīces *Locomat* (skat. 3. attēlu), priekštecis ar kāju ortozēm, skrejceļu un iekares sistēmu svāra mazināšanai. Ap to pašu laiku Vācijā, Berlīnes Šarītē klīnikā tika izveidots gaitas treniņierīce, bet Nīderlandē, Tventes Universitātē – Lo-PeS (*Lower - extremity Powered Exoskeleton*) ierīce.

Robottehnoloģiju attīstības progress ir tik straujš, ka rehabilitācijas profesionāļi klīniskajā praksē plaši izmanto pārbaudītas, pacientiem drošas jaunākās tehnoloģijas, kuru efektivitātes rādītāji vēl tikai tiek pētīti. Robottehnoloģiju efektivitātes pētījumu veikšana ir ļoti komplicēta sakarā ar pacientu funkciju traucējumu ārkārtīgi lielo dažādību un daudzveidīgo ierīču atšķirīgajiem parametriem.

No vienas puses tā ir pretruna ar „uz pierādījumiem balstītas medicīnas konceptu”, bet no otras puses, tikai uzkrājoties aizvien vairāk pilnvērtīgiem un salīdzināmiem datiem par rehabilitācijas procesu, var apkopot datus un veikt tālākus pētījumus. Rehabilitācijas speciālistiem papildus uz pierādījumiem balstītās medicīnas pieejai nereti nākas izmantot uz klīnisko pieredzi un novērojumus balstītas terapijas paņēmienus, kas nozīmē palīdzēt pacientam, vienlaikus stiprinot sevi ar Paula Stradiņa atziņu „Medicīna ir amats, zinātne un māksla”.

Iepazīstoties ar Kohreina bibliotēkas (*Cochrane library*) datu krājumu, kur atrodami medicīnas pētījumu rezultāti, kas atzīti par „zelta standartu” uz pierādījumiem balstītajā veselības aprūpē, sadaļa, kas attiecas uz robotiku rehabilitācijā, diemžēl ir gauži trūcīga. Lai arī robottehnoloģiju izmantošana augšējo un apakšējo ekstremitāšu funkciju uzlabošanā neirorehabilitācijā ir līdz šim visvairāk pētītā jauno tehnoloģiju joma, tomēr Kohreina bibliotēkā šobrīd atrodams pārāk mazs skaits prasībām atbilstošu sistemātisku pārskatu par robottehnoloģiju izmantošanas efektivitāti augšējo un apakšējo ekstremitāšu funkciju uzlabošanai. [4] Nepietiekami uzkrāto datu un pētījumu dēļ rezultātus un secinājumus par robottehnoloģiju lietošanas efektivitāti nevar vispārināt.

Viens gan ir skaidrs, ka vislabākie rezultāti tiek sasniegti, izmantojot konvenciālo terapiju kombinācijā ar jaunajām tehnoloģijām, padarot rehabilitācijas procesu intensīvāku [8,10]. Insulta pacientiem, kam rehabilitācijā tiek izmantots robottehnoloģiju

asistēts gaitas treniņš kombinācijā ar fizioterapiju, ir lielākas izredzes sasniegt neatkarīgu staigāšanu nekā tiem pacientiem, kam netiek izmantotas šādas iekārtas. Lielāks ieguvums ir pacientiem pirmajos 3 mēnešos pēc insulta un tiem pacientiem, kas paši nav spējīgi pārvietoties. Taču trūkst pietiekamu pierādījumu par pārvietošanās uzlabošanās efektivitāti ilgtermiņā [4,9].

Speciālistu cerības ir saistītas ar iespējamo kustību funkciju uzlabošanu un atjaunošanu, balstoties uz neiroplasticitātes fenomenu. Literatūras dati liecina, ka rehabilitācijas rezultāts ir labāks, ja rehabilitāciju uzsāk agrīni, intensīvi, ar noteiktu specifisku mērķi, veicot multidimensionālu stimulāciju, izmantojot mobilitātes treniņu kā vienu no metodēm [11], lai iedarbotos uz neiroplasticitāti.

Neuroplasticitātes fenomens

Neuroplasticitāti var definēt kā nervu sistēmas spēju reaģēt uz ārējiem un iekšējiem stimuliem, reorganizējot savu struktūru, nervu savienojumus un funkcijas. [5]

Neirorehabilitācija balstās uz smadzeņu spēju spontāni remodulēties vai atjaunoties ārēju stimulu iedarbības rezultātā. Pēc smadzeņu bojājuma notiek neironu tīkla reorganizācija, kurā bojātās smadzeņu zonas, kas atbild par motoro funkciju, tiek kaut kādā mērā kompensētas. Mazāku smadzeņu bojājumu gadījumā neironu tīkla reorganizācija notiek vairāk lokāli, bet plašu bojājumu gadījumos var tikt iesaistītas plašas smadzeņu zonas. [5]

Neuroplasticitātes fenomens realizējas vairāku faktoru ietekmē. Neuroģenēzes rezultātā var pieaugt sinapšu un sinapšu savienojumu skaits, var palielināties dendritu augšana un jaunu aksonu veidošanās. [6] Savukārt angioģenēze nodrošina jaunu asinsvadu veidošanos un tas var atjaunot asinsplūsmu bojātās smadzeņu zonās, kas uzlabo metabolos procesus, bet tādējādi var tikt mainīta neironu uzbudināmība un neironu spēja ģenerēt darbības potenciālus. [7]

Neironu skaita pieaugums ir ierobežots, bet sinapšu skaita remodelācija notiek arī neskartās smadzenēs uz pieredzes balstītas mācīšanās laikā. Funkciju traucējumu gadījumā rehabilitācijā tiek veikts atkārtotas mācīšanās process. [5]

Faktori, kas ietekmē neiroplasticitāti un mācīšanos, ir dažādi. Viena svarīga faktoru grupa ir saistīta ar apmācības vai treniņa intensitāti, bet otra grupa ir saistīta ar apmā-

cības un aktivitātes veikšanas veidu. Citi faktori savukārt ietver psiholoģiskus aspektus, t.sk., pacienta motivāciju un apmācības laikā sniegtās informācijas daudzumu.

Ārējs intensīvs stimulants veicina smadzeņu neiroplasticitāti. Kā viens no būtiskākajiem faktoriem neiroplasticitātes stimulam ir treniņa ilgums un intensitāte, ko var panākt, intensīvi atkārtojot mērķtiecīgas, noteiktas precīzas kustības. Šādu intensitāti vislabāk spēj nodrošināt rehabilitācijas roboti, vienlaikus nodrošinot aktīvu pacienta iesaistīšanos (fizisku un mentālu), kā arī motivāciju terapijas laikā.

Līdz šim literatūrā plašāk publicēti pētījumu rezultāti par dažādu augšējās ekstremitātes kustību atjaunošanas iekārtu izmantošanu, kā arī pārvietošanās iespēju uzlabošanu ar robotizēto gaitas terapijas ierīci *Locomat*. Šādas tehnoloģijas ir pieejamas arī Latvijas pacientiem specializētā terciārā līmeņa stacionārā – Nacionālajā rehabilitācijas centrā „Vaivari”. Centra rehabilitācijas programmās papildus konvenciālajai terapijai jau līdz šim tiek izmantotas dažādas robotizētas tehnoloģiskās ierīces (*ErigoPro; ArmeoSpring; ArmeoSenso; Andago; EksoBionic* u.c.), bet tikai šoruden ir uzsākta arī šajā rakstā minētās robotizētās gaitas terapijas ierīces visjaunākās versijas *Lokomat®Pro* (*Hocoma, Šveice*) lietošana (skat. 4., 5. un 6. attēlus).

Locomat tehnoloģijas izmantošanas iespējas Nacionālajā rehabilitācijas centrā „Vaivari”

Šī tehnoloģija vairāk kā ceturtdaļgadsimtu tiek izmantota neirorehabilitācijā insulta, cerebrālās triekas, multiplās sklerozes, galvas un muguras smadzeņu traumas, kā arī citu neiroloģisku bojājumu pacientiem, kuriem pilnībā jānodrošina robotizētas apakšējo ekstremitāšu kustības vai arī pacientiem, kas var izmantot ierīces spēju pastiprināt kustību spēku, tādējādi palīdzot kustināt pārētikās ekstremitātes un korigēt gaitas stereotipu. *Locomat* tehnoloģija tiek nepārtraukti pilnveidota un šodien tikai attāli atgādina tos modeļus, ar kuriem aizsākās rehabilitācijas robotu attīstība Šveices uzņēmumā *Hocoma*.

Kohreina datu bāze ir atzinusi par vērā ņemamiem 17 pētījumus par apakšējo ekstremitāšu funkciju uzlabošanu ar *Locomat* iekārtu. [4] Ierīcē ir apvienots skrejceļiņš, svāra redukcijas iekare un apakšējo ekstre-

mitāšu ortozes, kuras var darbināt pēc no- teiktas programmas, apvienojumā ar virtuā- lās realitātes ekrānu. Jaunākā versija *Locomat[®]Pro* ir pilnībā robotizēta sistēma, ar kuras palīdzību tiek modelēta dabiska cil- vēka gaita, vienlaikus nosūtot signālus uz centrālo nervu sistēmu par pareizu gaitas modeli. Pateicoties tam, smadzenes „atce- ras” pareizu gaitu, jeb citiem vārdiem sakot, tiek veicināta smadzeņu neiroplasticitāte. Robottehnoloģija var nodrošināt augstas in- tensitātes gaitas treniņu un vienlaicīgi ļauj ievākt objektīvus datus par pacientu progresa. Savukārt pacientam tiek sniegta atgrie- zeniskā saite, kas līdz ar virtuālās realitātes ekrānu motivē pacientu un kalpo kā pa- cients iesaistišanās instruments ilgstošajā rehabilitācijas procesā.

Šādas terapijas mērķis ir atjaunot vai uz- labot fizioloģiski pareizu gaitas modeli. Terapija ir paredzēta gan pacientiem, kas nemaz nespēj pārvietoties, gan pacientiem, kas spēj pārvietoties ar asistēšanu. Papildus mērķtiecīgam gaitas treniņam ieguvums ir rumpja stabilitātes un līdzsvara nostiprinā- šana, kas ir kritiski svarīgi pacientiem ar kustību traucējumiem. Nostiprinot ķermeņa fizioloģisko asi, pacients spēj noturēt ķerme- ni, un ir iespējama patstāvīga (vai mazāk asistēta) droša pacienta pārvietošanās no vienas virsmas uz citu (piem., gulta – ratiņ- krēsls u.c.) Jāatzīmē, ka šāds ieguvums ir novērojams arī pacientiem ar pilnu muguras smadzeņu bojājumu, kam kustību atjauno- šana vai uzlabošana paralizētajās ekstremitātēs nav sagaidāma.

Locomat[®]Pro gaitas robots ir unikāls ar tā robotizētajām ortozēm, kas ir būtisks šīs sistēmas elements. Ortozes ir eksoskeleta

konstrukcija, kas modelē cilvēka gaitu, vei- dojot to pēc dabiska fizioloģiska gaitas ste- reotipa. Gaitas veidošanas procesā *Loco- mat[®]Pro* ir iesaistīti vairāki motori (gūžas un ceļu locītavās), kas nodrošina teicamu gai- tas imitāciju, kā arī sistēma pēdas purngala pacelšanai, kas sevišķi būtiski ir pēdas dor- sāls fleksijas vājuma, t.s., krītošās pēdas gadījumā.

Visu procesu kontrolē elektroniska sistē- ma ar iebūvētiem, sevišķi augstas jutības sensoriem, kas nosaka tādus parametrus kā locītavu saliekšanas spēks un ātrums, kā arī kontrolē atgriezeniskās saites veidošanu. Sistēma nodrošina precīzu informāciju par pacienta ķermeņa apakšējo ekstremitāšu stāvokli, aktivitāti, gaitas aspektiem un si- metriju. Pacientam vienlaikus tiek sniegta arī atgriezeniskā reakcija virtuālajā vidē, kas ir sevišķi būtiski, jo ievērojami paaugstina pacienta motivāciju un pozitīvi ietekmē re- habilitācijas procesu.

Papildus tam *Locomat[®]Pro* ietver prog- rammatūru ar paplašinātu bioloģisko atgrie- zenisko saiti, kas ļauj ievērojami paaugsti- nāt pacienta iesaistišanās līmeni terapijā, koncentrēt pacienta uzmanību uz treniņu un konkrētiem veicamajiem uzdevumiem. Tā- pat programmatūra nodrošina ērtu darbu medicīnas personālam, jo ar programmas palīdzību ir iespējams operatīvi sastādīt te- rapijas plānu, kā arī monitorēt pacienta progresu.

Unikāla ir arī *Locomat[®]Pro* dinamiskā ķermeņa svara atslogošanas sistēma, kas palīdz veidot dabisku gaitas modeli, ļaujot pacientam plūstoši pārnest svaru vertikālā virzienā (nedaudz paceļoties uz augšu, kā tas ir vērojams gaitas laikā).

Locomat[®]Pro versija ir izmantojamas komplektācijā gan ar pieaugušo, gan bērnu ortozēm, ar gurnu kustības moduli un svara pārnešanas sistēmu. Bērniem piemērotā ver- sija ir izmantojama bērnu neirorehabilitāci- jā galvas un muguras smadzeņu bojājumu seku gadījumos un piemērota cerebrālas triekas pacientiem.

Locomat[®]Pro ar sistēmu *FreeD* un bērnu ortozēm šobrīd ir visjaunākā (V.6) un vispil- nīgāk nokomplektētā robotizētā sistēma gai- tas rehabilitācijā. Šī jaunā *Locomat[®]Pro* funkcija ar *FreeD* sistēmu nodrošina pacien- ta brīvu pārvietošanos visās kustību plak- nēs. *FreeD* sistēma imitē gurnu sānu kustī- bas, iegurnā rotāciju un ķermeņa svara pār- nesēšanas fāzes no vienas kājas uz otru. *FreeD* modulis nodrošina vairākas iespējas treni- ņam:

- iegurnā rotāciju, lai aktivizētu rumpja muskuļus;
- ķermeņa svara pārnešanu no vienas kājas uz otru;
- kustības gūžas locītavās.

Visas šīs funkcijas ir būtiskas pareiza gaitas stereotipa veidošanā. Pateicoties *FreeD* moduļa esamībai, *Locomat[®]Pro* ierī- ces versija patreiz ir vienīgā robotizētā ierī- ce, kas nodrošina 4 pakāpju kustības brīvī- bu apakšējās ekstremitātēs pēdas, ceļa un gūžas locītavu plaknēs. Cilvēka gaitas bio- mehānikā būtisku lomu spēlē gūžas locīta- va, kurai ir plaša kustības amplitūda, tāpēc fizioloģisko kustību atveidošana tajā, reali- zējot gan ekstenziju/fleksiju, gan abdukci- ju/addukciju, ļauj veikt gaitas treniņu, kas ir iespējami tuva dabiskai gaitai. *FreeD* sistē- ma ļauj apvienot dažādus rehabilitācijas komponentus, piemēram, dinamisku līdz-

4., 5., 6. attēli | *Locomat[®]Pro* terapija Nacionālajā rehabilitācijas centrā “Vaivari”



svara treniņu, robotizētu soļošanu un svara atslogošanas sistēmu. Ar vienu ierīci ir iespējams veikt vienlaicīgu gaitas un līdzsvara treniņu, kas ir viens no pirmajiem agrīnās neiorehabilitācijas posma uzdevumiem.

Locomat tehnoloģijas indikācijas un kontraindikācijas

Locomat sistēma ir izmantojama plašam pacientu lokam gan pie neiroloģiskām slimībām ar dažādas pakāpes funkcionēšanas traucējumiem, piemēram, pacientiem pēc insulta vai pēc galvas un muguras smadzeņu traumām, kā arī pacientiem cerebrālās triekas, multiplās sklerozes, Parkinsona slimības gadījumā, arī pacientiem pēc locītavu protezēšanas, dažāda veida mugurkaula un apakšējo ekstremitāšu muskuļu vājuma, pēc apakšējo ekstremitāšu amputācijām.

Kontraindikācijas Locomat lietošanai ir, ja pacientiem ir:

- kaulu osteoporoze;
- nesaauguši lūzumi;
- ādas bojājumi;
- izteikta spasticitāte;
- locītavu kontraktūras;
- ja ierīces lietošana nav fiziski iespējama ķermeņa svara vai neatbilstoša auguma dēļ:
 - ja persona sver vairāk nekā 135 kg;
 - ja augums ir virs 2 m;
 - ja persona sver mazāk par 10 kg.
- ja pieaugušiem pacientiem nav iespējams pielāgot ortožu garumus, jo augšstilba garums ir mazāks par 35 cm un lielāks par 47 cm;
- ja bērniem nav iespējams pielāgot ortožu garumus, jo augšstilba garums ir mazāks par 21 cm vai lielāks par 35 cm;
- grūtniecība;
- kolostomas;
- nekoriģējama apakšējo ekstremitāšu garuma difference;

■ visi gadījumi, kad aktīvs treniņš nav ieteicams.

Stingri jāizvērtē relatīvās kontraindikācijas un riska faktorus, plānojot rehabilitācijas terapijas papildināšanu ar Locomat, izsverot ieguvumus un iespējamās sarežģījumus, ja ir apstākļi, kas var izraisīt sarežģījumus terapijas laikā. Speciālists pirms terapijas plānošanas un uzsākšanas vērtē katra pacienta piemērotību terapijai individuāli. Pie augsta riska faktoriem ir pieskaitāma:

- gūžas artroplastija, jo pēc gūžas locītavas endoprotezēšanas ir kontraindicēta ārējā rotācija;
- gūžas, ceļa un pēdas locītavas izteikta nestabilitāte (īpaši laterālā nestabilitāte, ja plānots izmantot FreeD moduli).

Jāņem vērā, ka izmantojot šo terapiju var pieaugt spasticitāte, var attīstīties autonomā disrefleksija pacientiem ar muguras smadzeņu bojājumu virs Th6 zonas. Paaugstināts risks ir pacientiem ar intratekālu baklofēna pumpi vai cita veida ilgtermiņa pastāvīgu infūzterapiju, pacientiem ar kardiostimulatoru vai kardiālu mazspēju. Svarīga ir pacienta spēja sadarboties un adekvāti komunicēt, šī terapija nav piemērota pacientiem ar uzvedības traucējumiem un psihiskām slimībām. Nepieciešams lai pacients varētu pats noturēt un kontrolēt galvas pozīciju. Šī terapija nav piemērota pacientiem ar mākslīgo plaušu ventilāciju, pacientiem ar galvas reiboņiem, pacientiem ar izgulējumiem.

Locomat ir iebūvēta drošības funkcija, kas analizē iekārtas un pacienta mijiedarbību un tiklīdz tiek reģistrētas jebkādas neatbilstības, kas var apdraudēt pacienta drošību, iekārtu var momentāli apturēt.

Ārsts ir atbildīgs par pacienta atbilstību nozīmētajai terapijai. Terapijas laikā pacientu uzrauga speciālists, kas teorētiski un praktiski apmācīts tieši konkrētās tehnoloģijas lietošanā. Nacionālajā rehabilitācijas centrā "Vaivari" Locomat[®] Pro terapijas apmācības kursu ir pabeiguši un sertifikāts

saņēmuši pirmie 6 speciālisti, no kuriem 2 ir specializējušies darbam ar bērniem.

Vai robottehnoloģija ir laba investīcija?

Pētījumi par izmaksu efektivitāti, izmantojot robottehnoloģijas turpinās. Robottehnoloģiju izmantošana ļauj samazināt fizioterapeita fizisko piepūli un vienlaikus paaugstina drošību pacientam un terapeitam. [10] Tehnoloģijas var atvieglot funkcionālo terapeitu darbu, vienlaikus to padarot aizraujošāku un efektīvāku. Robottehnoloģiju izmantošana varētu samazināt rehabilitācijas speciālistu individuālu darbu „viens pret vienu” nodarbību apjomu un ilgtermiņā ietaupīt uz nepieciešamo cilvēkresursu rēķina, īpaši, ja vienādas robottehnoloģijas tiek izvietotas tā, lai tās varētu pārraudzīt viens speciālists. Kamēr robottehnoloģiju ir maz un to izmaksas mūsu veselības aizsardzības sistēmai ir relatīvi augstas, ietaupījums ir apšaubāms, jo iekonomēt uz cilvēkresursiem nav iespējams tādēļ, ka bez speciālista iesaistes šis process nav iedomājams. Savukārt, ņemot vērā pieaugošo nepieciešamību pēc rehabilitācijas un rehabilitācijas augstās izmaksas ilgtermiņā, investīcijas robottehnoloģijās noteikti atmaksāsies. [6,13]

Jāapzinās, ka robottehnoloģijas rehabilitācijā nekādā gadījumā nevar aizstāt funkcionālā terapeita darbu. Tehnoloģijas ir jāuztver kā instruments speciālistu rokās, kas palīdz sasniegt noteiktus uzdevumus. Koncentrēšanos tikai uz tehnoloģiju izmantošanu varētu salīdzināt ar sporta treniņiem, kuros atstāta novārtā vispārējā fiziskā sagatavotība. Nākotne neiorehabilitācijā pieder dažādu terapijas veidu simbiozei atbilstoši katra konkrētā pacienta funkcionēšanas traucējumiem un sasniedzamajiem rehabilitācijas mērķiem. Rehabilitācijas plāna panākumu ķīla ir personalizācija un integrācija kopējā ārstēšanas procesā.

Atsauces:

1. World Health Organization, and World Bank. World report on disability. World Health Organization. 2011.93-96
2. Krebs HI, Hogan N, Aisen ML et al. Robot-aided neurorehabilitation. IEEE Trans Rehabil Eng. 1998 Mar;6(1):75-87. doi: 10.1109/86.662623. PMID: 9535526; PMCID: PMC2692541.
3. Reinkensmeyer DJ, Kahn LE, Averbuch M et al. Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury: progress with the ARM guide. J Rehabil Res Dev. 2000 Nov-Dec;37(6):653-62. PMID: 11321001
4. https://rehabilitation.cochrane.org/sites/rehabilitation.cochrane.org/files/public/uploads/cochrane_robotics_2019_1.pdf
5. Chen H, Epstein J, Stern E. Neural plasticity after acquired brain injury: evidence from functional neuroimaging. PM R. 2010 Dec;2(12 Suppl 2):S306-12. doi: 10.1016/j.pmrj.2010.10.006. PMID: 21172692.
6. Schoch KM, Madathil SK, Saatman KE. Genetic manipulation of cell death and neuroplasticity pathways in traumatic brain injury. Neurotherapeutics. 2012;9(2):323-337. doi:10.1007/s13311-012-0107-z
7. Krum JM, Mani N, Rosenstein JM. Roles of the endogenous VEGF receptors flt-1 and flk-1 in astroglial and vascular remodeling after brain injury. Exp Neurol. 2008 Jul;212(1):108-17. doi: 10.1016/j.expneurol.2008.03.019. Epub 2008 Apr 3. PMID: 18482723; PMCID: PMC2478519.
8. Laut J, Porfiri M, Raghavan P. The Present and Future of Robotic Technology in Rehabilitation. Curr Phys Med Rehabil Rep. 2016;4(4):312-319. doi:10.1007/s40141-016-0139-0
9. Mehrholz J T, Simone W, Cordula K et al 2017 Electromechanical-assisted training for walking after stroke. The Cochrane database of systematic reviews. 5. CD006185. 10.1002/14651858.CD006185.pub4.
10. Bruni MF, Melegari C, De Cola MC et al What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: A systematic review and meta-analysis J Clin Neurosci. 2018 Feb;48:11-17.
11. Cho JE, Yoo JS, Kim KE et al Systematic Review of Appropriate Robotic Intervention for Gait Function in Subacute Stroke Patients Biomed Res Int. 2018 Feb 6;2018:4085298.
12. Morone G, Paolucci S, Cherubini A et al. Robot-assisted gait training for stroke patients: current state of the art and perspectives of robotics Neuropsychiatr Dis Treat. 2017; 13: 1303–1311.
13. Esquenazi A. Comment on "Assessing Effectiveness and Costs in Robot-Mediated Lower Limbs Rehabilitation: A Meta-Analysis and State of the Art". J Healthc Eng. 2018;2018:7634965. Published 2018 Nov 28. doi:10.1155/2018/7634965